Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Методические рекомендации

к выполнению лабораторных работ

для специальности 08.02.09

«Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования

промышленных и гражданских зданий»

ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск

2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» и учебной программой дисциплины «Электротехника» | ОДОБРЕНО  Предметной (цикловой)  комиссией  протокол № \_\_\_\_\_\_  от «\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г.  Председатель ПЦК  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Чиняева С.А*.* | УТВЕРЖДАЮ  Заместитель директора  по НМРиИТ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Т.Ю.Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г. |

## *Составитель: Василенко И.Н.* ***преподаватель Южно-Уральского государственного технического колледжа.***

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электротехника» студентами специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий». Целью проведения лабораторных работ является закрепление теоретического материала и приобретение навыков по сборке электрических схем.

В методических рекомендациях перечень лабораторных работ по дисциплине, содержание и порядок выполнения лабораторных работ, контрольные вопросы по каждой работе.

Методические рекомендации предназначены для студентов очной и заочной форм обучения.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования, в соответствии рабочей программой.

Дисциплина «Электротехника» является базовой для изучения всех остальных дисциплин электротехнического цикла, имеет практическую направленность и проводится в тесной взаимосвязи с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами: электрические машины, монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования зданий, наладка электрооборудования, электрооборудование промышленных и гражданских зданий.

**В результате выполнения работ студент должен**

***знать:***

* назначение, устройство и способы включения электроизмерительных приборов и основных конструктивных узлов лабораторного стенда;

***уметь:***

* читать электрические принципиальные схемы;
* собирать электрические цепи по схемам;
* подключать измерительные приборы в различные участки цепи;
* составлять электрические схемы.

**ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тема | Вид, название и краткое содержание | Часы на выполнение работы |
| 1.1  Основные сведения об электрическом токе | **Лабораторная работа №1.** «Знакомство с лабораторной установкой».  **Лабораторная работа №2.** «Измерение тока, напряжения и сопротивления при помощи мультиметра».  **Лабораторная работа№3.** «Исследование условий работы электрической цепи».  **Лабораторная работа №4.** «Исследование режимов работы источника ЭДС»  **Лабораторная работа №5.** «Исследование электрической цепи с последовательным соединением приёмников».  **Лабораторная работа №6.** «Исследование электрической цепи с параллельным соединением приёмников» | 2 часа  2 часа  2 часа  2 часа  2 часа  2 часа |
| 1.2  Электрические цепи постоянного тока и методы их расчёта | **Лабораторная работа №7.** «Исследование электрической цепи со смешанным соединением приёмников»  **Лабораторная работа №8.** «Исследование электрической цепи с последовательным соединением источников».  **Лабораторная работа №9.«**Исследование электрической цепи с параллельным соединением источников».  **Лабораторная работа №10.**«Измерение мощности в цепи постоянного тока».  **Лабораторная работа №11.** «Определение потери напряжения и мощности в проводах  линии электропередач»  **Лабораторная работа №12.** «Согласование источника и нагрузки по напряжению, току и мощности»  **Лабораторная работа №13.** «Исследование делителя напряжения при работе вхолостую».  **Лабораторная работа №14. «**Исследование работы делителя напряжения под нагрузкой».  **Лабораторная работа №15.** «Исследование цепи с линейным сопротивлением». | 2 часа  2 часа  4 часа  4 часа  2 часа  2 часа  2 часа  2 часа  2 часа |
| Тема | Вид, название и краткое содержание | Часы на выполнение работы |
| 1.3 Нелинейные электрические цепи постоянного тока | **Лабораторная работа №16.** «Снятие статических характеристик термистора»  **Лабораторная работа №17.** «Снятие статических характеристик терморезистора с ПТК»  **Лабораторная работа №18.** «Снятие статических характеристик варистора»  **Лабораторная работа №19.** «Измерение сопротивления фоторезистора».  **Лабораторная работа №20.** «Определение цены деления стрелочных приборов». | 2 часа  2 часа  2 часа  2 часа  2 часа |
| 2.3 Электромагнитная индукция | **Лабораторная работа №21.** «Определение коэффициента магнитной связи между катушками»  **Лабораторная работа №22.** «Снятие внешней характеристики трансформатора» | 2 часа  2 часа |
|  |  |  |
| 3.3 Неразветвлённые цепи переменного тока | **Лабораторная работа №23.** «Исследование неразветвлённой цепи переменного тока». | 2 часа |
| 3.4 Разветвлённые цепи переменного тока | **Лабораторная работа №24.** «Исследование разветвлённой цепи переменного тока». | 2 часа |
| 3.7 Цепи трёхфазного тока и их расчёт | **Лабораторная работа №25.** «Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки звездой».  **Лабораторная работа №26.** «Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки треугольником».  **Лабораторная работа №27.**«Исследование аварийных режимов трёхфазной цепи при соединении нагрузки звездой».  **Лабораторная работа №28.**  «Исследование аварийных режимов трёхфазной цепи при соединении нагрузки треугольником». | 2 часа  2 часа  4 часа  4 часа |

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

**Каждая отчетная работа должна содержать:**

1. Номер и название лабораторной работы.

2. Цель работы.

3. Схемы опытов.

4. Таблицы с результатами измерений и расчетов.

5. Необходимые формулы и расчеты.

6. Графики и диаграммы, построенные по результатам измерений и рас- четов, если это требуется по заданию.

7. Ответы на контрольные вопросы.

8. Выводы по работе.

Каждая отчетная работа должна быть аккуратно оформлена и вложена в папку с файлами. Схемы вычерчиваются в соответствии с требованиями ГОСТа с помощью условных обозначений. Графическая часть отчета (схемы, таблицы, графики) выполняются карандашом с применением чертежных инструментов. Отчет можно выполнять в рукописном варианте или с применением ПК. Первый файл в папке должен содержать титульный лист установленного образца (приложение А). Каждая отчетная работа подписывается преподавателем после её защиты и хранится в папке у студента до конца текущего семестра. В конце семестра студент обязан сдать папку со всеми, подписанными преподавателем, работами и получить зачёт по лабораторным работам за семестр. Зачёт по лабораторным работам за семестр ставится при наличии в папке всех отчетных работ, проведённых в группе.

**ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ**

**ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Студент, находясь в лаборатории**, должен:**

* быть предельно дисциплинированным и внимательным;
* находиться непосредственно у исследуемой лабораторной установки.

Студентам **запрещается**:

1. подходить к другим установкам, распределительным щитам и пультам, делать на них какие-либо включения или переключения;
2. самостоятельно включать силовое питание лабораторных стендов;
3. подавать питание на собранную схему без проверки правильности соединений преподавателем;
4. включать схему под напряжение, если кто-нибудь касается ее неизолированной токоведущей части;
5. производить какие-либо переключения в схеме, находящейся под напряжением;
6. во время работы электрической машины касаться вращающихся частей или наклоняться к ним близко;
7. приводить в негодное состояние как отдельные комплектующие лабораторного стенда, так и весь стенд в целом;
8. уходить из лаборатории по окончании лабораторной работы, не отчитавшись о комплектности стенда и его исправности преподавателю;
9. **одежда** студента **не должна** иметь свободно свисающих концов шарфов, косынок, галстуков, а прическа или головной убор должны исключать возможность «свисания» прядей волос.

**ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ   
ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА**

**Компоновка оборудования**

Общая компоновка типового комплекта оборудования в стендовом исполнении показано на рис.1. На лабораторном столе закреплена рама, в которой устанавливаются отдельные блоки. Расположение блоков жёстко не фиксировано. Оно может изменяться для удобства проведения того или иного конкретного эксперимента. Наборная панель, на которой собирается электрическая цепь из миниблоков может устанавливаться и непосредственно на столе.

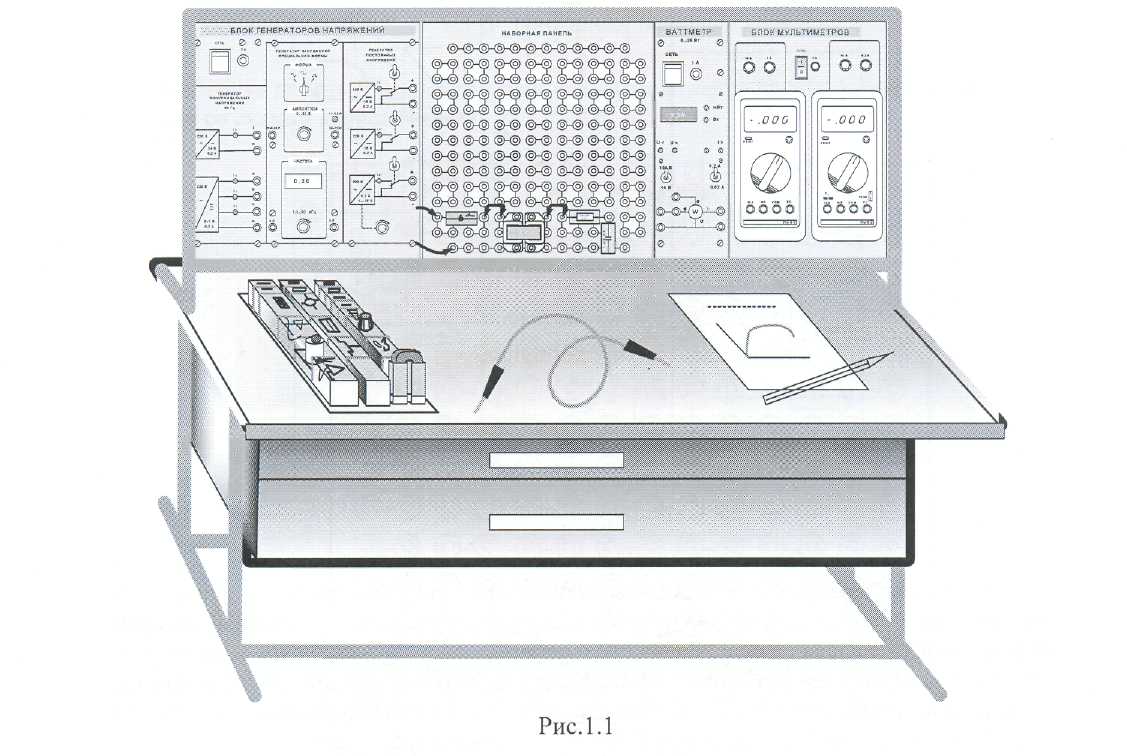


Рис. 1.

1. В выдвижных ящиках хранятся наборы миниблоков и устройств, соединительные провода, перемычки и кабели, методические материалы. Один из наборов миниблоков показан на рис. 1 на столе. Ящики имеют встроенные замки.

1.2 Блок генераторов напряжений

Лицевая панель блока генераторов напряжений показана на рис.2. Он состоит из генератора синусоидальных напряжений, генератора напряжений специальной формы и генератора постоянных напряжений.

Все генераторы включаются и выключаются общим выключателем «СЕТЬ» и за­щищены от внутренних коротких замыканий плавким предохранителем с номиналь­ным током 2 А.

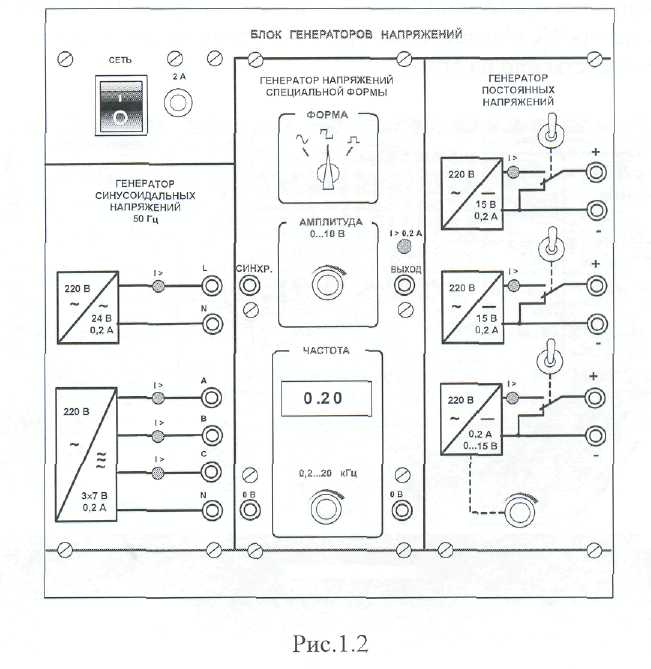


Рис. 2

На лицевой панели блока указаны номинальные напряжение и ток каждого источника напряжения, а также диапазоны изменения регулируемых выходных величин. Все источники напряжений гальванически изолированы друг от друга и от корпуса блока и защищены от перегрузок и внешних коротких замыканий самовосстанавливающимися предохранителями с номинальным током 0,2 А. О срабатывании предохранителя свидетельствует индикатор «I >».

Генератор синусоидальных напряжений содержит однофазный источник напряжения 24В (вторичная обмотка питающего трансформатора 220/24 В) и трёхфазный стабилизированный по амплитуде выходного напряжения преобразователь однофазного напряжения в трёхфазное. Выходное сопротивление трёхфазного источника в рабочем диапазоне токов близко к нулю.

Генератор напряжений специальной формы вырабатывает на выходе синусоидальный, прямоугольный двухполярный или прямоугольный однополярный сигнал в зависимости от положения переключателя «ФОРМА». Выходное сопротивление генератора в рабочем диапазоне токов также близко к нулю. Между гнездами **«СИНХР»** и **«ОВ»** генератора при любом положении переключателя **«ФОРМА»** вырабатываются однополярные прямоугольные импульсы амплитудой 5В, которые можно использовать для внешней синхронизации осциллографа. Частота сигнала регулируется десятиоборотным потенциометром **«ЧАСТОТА»** и не зависит как от формы и амплитуды сигнала, так и от тока нагрузки.

Генератор постоянных напряжений содержит три источника стабилизированного напряжения 15 В, гальванически изолированных друг от друга. Выходное напряжение одного из этих источников регулируется от 0 до 15В десятиоборотным потенциометром.

Выходные сопротивления этих источников также близки к нулю и все они допускают режим работы с обратным током (режим потребления энергии). Для получения постоянных напряжений больше 15 В они могут соединяться последовательно. Для исключения источников из собранной схемы цепи используются переключатели (тумблеры).

1.3 Наборная панель

Наборная панель (рис. 3) служит для расположения на ней миниблоков в соот­ветствии со схемой данного опыта.

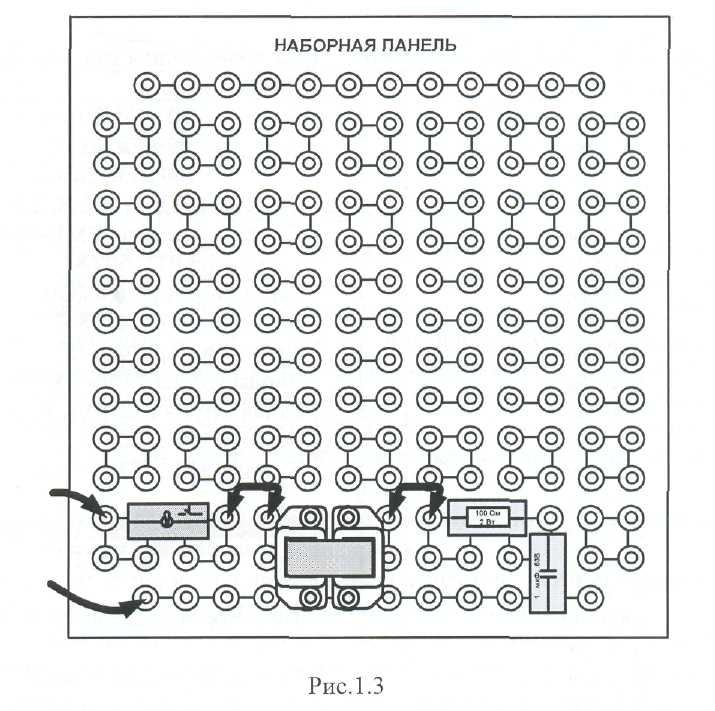


Рис. 3.

Гнёзда на этой панели соединены в узлы, как показано на ней линями. Поэтому часть соединений выполняется автоматически при установке миниблоков в гнёзда панели. Остальные соединения выполняются соединительными проводами и перемычками. Так на фрагменте цепи, показанной на рис. 3, напряжение подаётся проводами через выключатель к одной из обмоток трансформатора. К другой обмотке подключены резистор и конденсатор, соединённые последовательно. Для измерения токов в ветвях цепи удаляется одна из перемычек и вместо неё в образовавшийся разрыв включается амперметр. Для измерения напряжений на элементах цепи параллельно рассматриваемому элементу включается вольтметр.

1.4 Набор миниблоков

Миниблоки представляют собой отдельные элементы электрических це-

пей (резисторы, конденсаторы, индуктивности диоды, транзисторы и т.п.), помещённые в прозрачные корпуса, имеющие штыри для соединения с гнёздами наборной панели. Некоторые миниблоки содержат несколько элементов, соединённых между собой или более сложные функциональные блоки.

На этикетках миниблоков изображены условные обозначения элементов или упрощённые электрические схемы их соединения, показано расположение выводов и приведены основные технические характеристики. Миниблоки хранятся в специальном контейнере.

Состав этого набора приведён в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование и  характеристики | Кол. | Наименование и  характеристики | Кол. |
| Резисторы МЛТ, 2 Вт, ±5% |  | Индуктивности |  |
| 10 Ом | 1 | 10мГн, 90 мА | 1 |
| 22 Ом | 2 | 40 мГн, 65 мА | 1 |
| 33 Ом | 1 | 100 мГн, 50 мА | 2 |
| 47 Ом | 1 | Тумблер МТД-1, 250 В, 2 А | 1 |
| 100 Ом | 1 | Лампа сигнальная СМН-10 55 | 1 |
| 150 Ом | 1 | Термистор РТС 50 Ом | 1 |
| 220 Ом | 1 | Термистор NTC 6,8 кОм | 1 |
| 330 Ом | 1 | Варистор S07K11, 18 В, 1 мА | 1 |
| 470 Ом | 1 | Фоторезистор СФЗ-4Б | 1 |
| 680 Ом | 1 | Диоды КД 226 (1N5408) 1А, 100 В | 6 |
| 1 кОм |  | Стабилитрон КС510А, 10 В | 1 |
| 2,2 кОм | 1 | Светодиод АЛ 307 Б | 1 |
| 4,7 кОм | 1 | Варикап KB 105А, 20 мА | 1 |
| ЮкОм | 2 |  |  |
| 22 кОм | 1 | Динистор (диодный тиристор) |  |
| 33 кОм | 1 | КН 102Б | 1 |
| 47кОм | 1 |  |  |
| 100 кОм | 2 | Тиристор триодный КУ 101Е |  |
| 1 МОм | 1 |  |  |
| Потенциометры СП4-2М |  | Транзисторы биполярные |  |
| 1 кОм | 1 | КТ502 Г (рпр) | 1 |
| ЮкОм | 1 | КТ503 Г (прп) | 2 |
| Конденсаторы К-73-9, 100 В |  |  |  |
| 0,01 мкФ | 1 | Транзисторы униполярные |  |
| 0,1 мкФ | 1 | КП ЗОЗЕ (с каналом т-типа) | 1 |
| Конденсаторы К73-17, 63 В |  | КП101Е (с каналом р-типа) | 1 |
| 0,22 мкФ | 1 |  |  |
| 0,47 мкФ | 1 | Транзистор однопереходный |  |
| 1 мкФ | 1 | КТ117Г | 1 |
| Конденсаторы электролитические |  |  |  |
| SR-63B, ЮмкФ | 1 | Операционный усилитель |  |
| SR-63B, 100 мкФ | 1 | КР140УД608А | 1 |
| SR-35В,470мкФ | 1 |  |  |

1.5 Набор трансформаторов

Набор трансформаторов включает в себя четыре разборных трансформатора, вы­полненных на разъёмных U-образных сердечниках из электротехнической стали с тол­щиной листа 0,08 мм. Сечение сердечника 16x12 мм. На трёх трансформаторах уста­новлены катушки 900/300 витков, на четвёртом 100/100 витков, однако они легко пере­ставляются. Номинальные параметры трансформаторов при частоте 50 Гц приведены в табл. 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| w | UH,B | IH, mA | R, Ом | SH,BA |
| 100 | 2,33 | 600 | 0,9 | 1.4 |
| 300 | 7 | 200 | 4,8 | 1,4 |
| 900 | 21 | 66,7 | 37 | 1,4 |

1.6 Блок мультиметров

Блок мультиметров предназначен для измерения напряжений, токов, сопротивле­ний, а также для проверки диодов и транзисторов. Общий вид блока представлен на рис.4. В нём установлены три серийно выпускаемых мультиметра MY60, MY62 или MY64. Подробная техническая информация о них и правила применения приводятся в руководстве по эксплуатации изготовителя. В блоке установлен источник питания мультиметров от сети с выключателем и предохранителем на 1 А. На лицевую панель блока вынесены также четыре предохранителя защиты токовых цепей мультиметров.

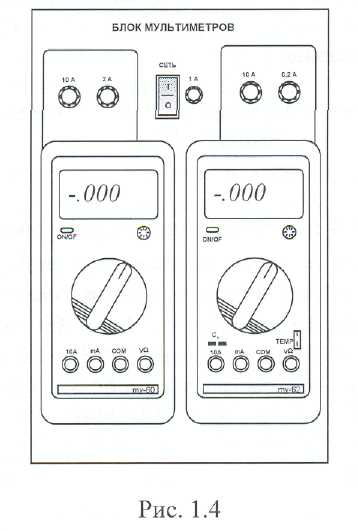


Рис. 4.

1.7 Ваттметр

Ваттметр предназначен для измерения активной мощности в цепях постоянного и переменного тока.

Его принцип действия основан на перемножении мгновенных значений

тока и напряжения и отображении среднего значения этого произведения на дисплее прибора в цифровом виде.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

**Знакомство с лабораторной установкой**

**Цель работы:** 1. Ознакомление с лабораторией ТОЭ и лабораторным

стендом

2. Ознакомление с организацией проведения лабора**-**

торных работ

3. Изучение правил поведения в лаборатории и правил

техники безопасности при выполнении лабораторных работ.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** устройство лабораторного стенда;

**-** правила техники безопасности и поведения в лаборатории;

**уметь: -** производить включение в сеть и отключение основных блоков

лабораторного стенда

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Лабораторные работы являются одним из видов практического обучения.

Их цель закрепить теоретические знания, проверить на опыте некоторые поло­жения теории и закон электротехники, приобрести практические навыки в сбор­ке электрических цепей, в проведении эксперимента, научиться пользоваться простейшими электроизмерительными приборами и аппаратами.

Вдумчивое отношение к лабораторной работе позволит студентам сделать правильные выводы, проанализировать результаты выводов опыта, научиться самостоятельно разрешать некоторые несложные задачи исследовательского характера.

Прежде чем приступить к сборке электрической цепи следует выбрать

необходимые приборы и аппараты. В описании каждой лабораторной работы производится порядок проведения опыта и перечень необходимой аппаратуры. **1. Знакомство с лабораторной установкой**

Знакомство с лабораторной установкой включает в себя экскурсию по ла**-**

боратории ТОЭ, в ходе которой преподаватель знакомит студентов с лабораторным стендом и его основными блоками. Кроме того, студент может самостоятельно изучить компоновку и назначение оборудования, воспользовавшись описанием комплекта типового лабораторного оборудова­ния, приведённым в данном методическом пособии.

**2. Порядок проведения работ**

**2.1 Сборка электрической цепи**

Сборку электрической цепи должен вести только один человек, другие члены бригады контролируют его, подают ему провода, выполняют мелкие поручения. Возь­мем за правило: при подключении любого элемента, вхо­дом его считать левую (верхнюю) клемму, а выходом - правую (нижнюю). Это правило в значительной мере предупредит ошибки. После сборки электрической цепи необходимо показать её преподавателю для проверки.

**2.2 Включение электрической цепи**

Чтобы обеспечить минимальную силу тока в цепи, перед включением це­пи движки реостатов следует установить в такое положение, чтобы сопротив­ление было максимальным, катушку, если она есть в схеме, нужно полностью надеть на сердечник.

Переключатели многопредельных приборов следует поставить на боль­ший предел, проверить, чтобы указатель рукоятки регулятора напряжения, если он предусмотрен схемой, находился на нулевой отметке. После этого схему включают и наблюдают за показаниями приборов, медленно увеличивают напряжение на входе схемы до нужной величины. Если при этом амперметр показывает «0», то это значит, что в неразветвленной цепи имеется обрыв или не­правильно подключен прибор. А если, даже при малом напряже­нии, амперметр «зашкаливает», то это указывает на короткое замыкание в цепи.

**2.3 Проведение опыта**

Если цепь исправна, то можно приступить к проведению опыта. Сначала выполняем *пробный опыт:*  все действия согласно порядку работы, но без за­писи результатов. Такое опробование необходимо, чтобы убедиться, что прибо­ры выбраны правильно, а если есть необходимость, то изменить, подбирая более подходящий предел измерения. Пробный опыт нужно делать каждый раз, чтобы избежать напрасной траты времени и сил, уменьшить погрешность изме­рений.

Обязанности в бригаде лучше разделить. Один человек должен изменять параметры электрической цепи, а также наблюдать за показаниями амперметров; другой – измерять напряжения; третий − записывать результаты измерений в таблицу. В ходе про­ведения эксперимента необходимо записывать значения измеряемой величины; измерения следует производить равномерно по всему диапазону, включая на­чальную, конечную точки. Показания следует снимать внимательно и одновре­менно. По окончании эксперимента нужно проанализировать полученные дан­ные и проверить правильность отсчета измеренных величин. Это можно сде­лать несколькими способами:

* проверить правильность измерений по законам Кирхгофа;
* по характеру изменения токов и напряжений;
* по балансу мощностей.

Не торопитесь разбирать цепь. Покажите сначала свои результаты препо­давателю для проверки, т.к. может случиться, что придется делать всю работу заново.

**3. Правила техники безопасности при выполнении**

**лабораторных работ**

1. Перед началом сборки цепи следует убедиться в том, что выключатель находится в отключенном состоянии.

2. Не допускается использование приборов и аппаратов с неисправными клеммами, неисправными тумблерами, реостатами и т.д.

3. Собранная цепь должна быть проверена преподавателем и может включаться только после его разрешения.

4. Перед включением цепи следует убедиться, что никто не прикасается к оголенным токоведущим частям.

5. Все необходимые переключения нужно производить только при выключенном напряжении.

6. Если во время работы возникает какое-либо повреждение, надо быстро выключить напряжение и сообщить преподавателю о случившемся.

7. Если кто-то попадает под напряжение и не может сам оторваться от токоведущих частей, то не пытайтесь оттащить его - вы сами будете поражены током, быстро отключите напряжение. Сообщите преподавателю о случившемся.

8. Студенты допускаются к лабораторным работам после ознакомления

с настоящими правилами, что должно быть зафиксировано в специальном журнале.

9. Разборка электрической цепи может производиться только после отключения всех источников питания, с разрешения преподавателя.

10. Учащиеся, нарушившие правила ТБ, отстраняются от выполнения лабораторных работ, допуск на последующие лабораторные работы осуществ­ляется только после разрешения заведующего отделением.

**Контрольные вопросы**

1. Из каких блоков состоит лабораторный стенд? Их назначение.
2. Возможных неисправности электрической цепи и их признаки при её включении в сеть
3. Что называется пробным опытом и как он проводится?
4. Распределение обязанностей в бригаде при сборке схемы и снятии показаний приборов.
5. Способы проверки результатов измерений.

6. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2**

**Измерение тока, напряжения и сопротивления при помощи мультиметра**

**Цель работы:** 1. Изучить порядок работы с мультиметром и схемы его

включения в цепь для измерения различных величин

2. Изучить правила безопасной работы с мультиметром

3. Убедиться в справедливости закона Ома при помощи

эксперимента

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** функциональное назначение мультиметра;

**-** значения цифровых и буквенных символов на корпусе прибора;

**уметь: -** производить измерения тока, напряжения и сопротивления.

**-** рассчитывать ток и напряжения на участках цепи при помощи

закона Ома

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

**2.1 Закон Ома**

Закон Ома выражает математические соотношения между напряжением

**U** ( В), током **I**(А), и сопротивлением на участке цепи с сопротивлением

**Ri** (Ом):

**I = Ui/Ri, Ui = IRi, Ri = Ui/I,**

где: I – ток в неразветвленной цепи, А;

U**i** – напряжение i**-**участка цепи, В;

R**i** – сопротивление i**-**участка цепи, Ом.

В замкнутой цепи сила тока **I**,(А) прямо пропорциональна ЭДС источника **Е**,( В) и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи

:

**I =**

**2.2 Порядок работы с мультиметрами и правила**

**их включения в цепь**

До подключения мультиметра к цепи необходимо выполнить следующие операции:

1. выбор измеряемой величины: - V, ~ V, - А, ~ А, Ω.
2. выбор диапазона измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
3. правильное подсоединение зажимов мультиметра к исследуемой цепи.  
   Присоединение мультиметра как вольтметра, амперметра и омметра показано на рис. 2.1.

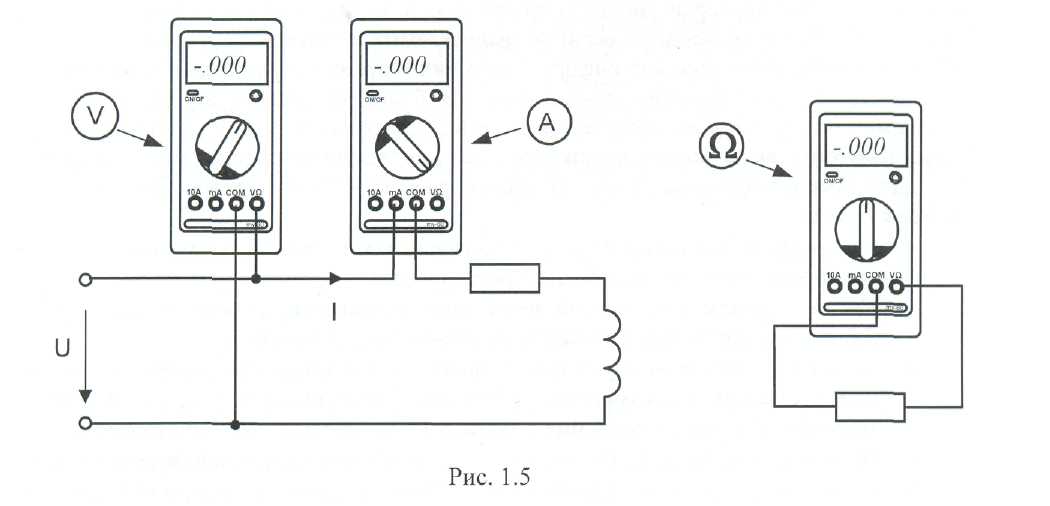


Рис.2.1.

Для обеспечения надёжной длительной работы мультиметров соблюдайте сле­дующие правила:

1. Не превышайте допустимых перегрузочных значений, указан-

ных в заво­дской инструкции для каждого рода работы.

1. Когда порядок измеряемой величины неизвестен, устанавливайте пере­ключатель пределов измерения на наибольшую величину.
2. Перед тем, как повернуть переключатель для смены рода работы (не для изменения предела измерения!), отключайте щупы от проверяемой цепи.
3. Не измеряйте сопротивление в цепи, к которой подведено напряжение.
4. Не измеряйте ёмкость конденсаторов, не убедившись, что они разряжены.
5. Мультиметр MY60 защищен предохранителем 2А, который не может перегореть от токов, создаваемых источниками данного стенда.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

* Поскольку используемый источник питания стабилизирован (что означает равенст­во нулю его собственного внутреннего сопротивления), то он должен быть дополнен сопротивлением Rbh= 22 Ома.
* Для определения ЭДС источника Е необходимо измерить напряжение

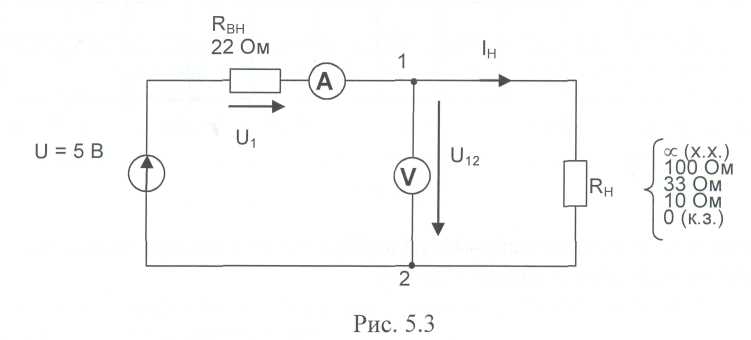
на его разомкну­тых выводах.

* По результату измерения ЭДС и номиналам сопротивлений

(Rн=150 Ом и Rbh= 22 Ома) рассчитайте ток в цепи и напряжения на

её участках, применяя закон Ома.

• Соберите цепь согласно схеме (рис. 2.2): Rн=150 Ом; Е =15В.

 Рис. 2.2

* Для измерения тока в цепи Iн и напряжения U12  на Rн  нужно подключить амперметр и вольтметр так, как показано на схеме на Рис. 2.2.
* Для измерения напряжения U1  нужно подключить вольтметр параллельно Rвн.
* Измерьте сопротивления Rbh и Rн, подключив их к мультиметру, как показано на Рис. 2.1.(Ω).
* Результаты измерений и расчётов занесите в табл. 2.1.

Таблица 2.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Измеряемые величины | Е, В | U12, В | Iн, А | U1, В | Rbh | Rh |
| Результаты расчёта |  |  |  |  |  |  |
| Результаты измерений |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Какие величины связывает закон Ома?
2. Какие величины и как измеряют при помощи мультиметра?
3. Что обозначают символы - V, ~ V, - А, ~ А и Ω на переключателе мультиметра?
4. Что обозначают цифры на переключателе мультиметра?
5. Схема включения мультиметра в электрическую цепь для измерения тока.
6. Схема включения мультиметра в электрическую цепь для измерения напряжения.
7. Схема включения мультиметра в электрическую цепь для измерения

сопротивления.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3**

**Исследование условий работы электрической цепи**

**Цель работы**: 1. Изучить условия протекания тока по электрической цепи.

2. Научиться собирать электрическую цепь по схеме.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -**  основные элементы электрической цепии их назначение

**-** условия протекания тока по электрической цепи

**уметь: -** собирать простейшую электрическую цепь по схеме;

**-** производить измерения тока при помощи мультиметра

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Электрической цепью называют совокупность соединенных друг с другом элемен­тов, по которым может протекать электрический ток.

Для протекания тока необходимы источники электрической энергии - источники напряжения (ЭДС) или тока.

Электрическая цепь содержит устройства, в которых электрическая энергия преобразуется в другие виды энергии (в механическую, тепловую, световую и т.д.). Эти устройства называются нагрузками или приёмниками.

Для замыкания и размыкания цепей используют выключатели .

Электрический ток есть направленное (упорядоченное) движение носителей заря­дов. В проводниках носителями отрицательных зарядов являются электроны, в жидко­стях (электролитах) носители положительных и отрицательных зарядов - ионы.

Для поддержания электрического тока требуется обеспечивать разделение носителей отрицательных и положительных зарядов, что и происходит в источниках. Когда ис­точник подключен к цепи, возникает направленное движение зарядов под действием сил притяжения разноименных и отталкивания одноименных зарядов, т.е. электриче­ский ток.

Ток, неизменный во времени, называют постоянным. Он обозначается символом **I** и равен количеству заряда **Q**, который пересекает сечение проводника за единицу вре­мени t (1 секунду):

**I = Q / t.**

Изображение электрической цепи с помощью условных обозначений называют ***электрической схемой соединений*** (Рис. 3.1).



Рис.3.1

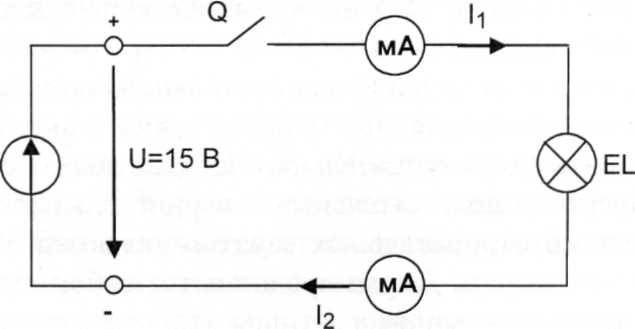
Вне источника положительные носители заряда движутся от его положительно­го зажима (полюса) к отрицательному зажиму (полюсу). Направление движения отри­цательных зарядов противоположно движению положительных зарядов. В качестве *ус­ловного положительного направления тока* принимается ***направление движения по­ложительных зарядов***. Это направление показывают на схеме стрелкой.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Соберите простейшую электрическую цепь согласно схеме (Рис 3.2), включив в нее два мультиметра в качестве амперметра.

Рис 3.2



* Путем измерений определите, является ли ток одинаковым во всех точках цепи, и убедитесь, что он равен нулю, когда цепь разомкну­та или отключен источник.

1. Подайте постоянное напряжение 15 В к зажимам цепи (Рис. 3.2) и определите, про­текает ли ток и горит ли лампочка - при разомкнутой (с помощью выключателя) и замкнутой цепи.
2. Занесите данные измерений вместе с данными о состоянии лампочки

в табл. 3.1.

Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Выключатель | I1, мА | I2, мА | Лампа вкл. | Лампа выкл. |
| Замкнут |  |  |  |  |
| Разомкнут |  |  |  |  |

* Проверьте, будет ли протекать ток, когда источник напряжения отсоединен, а вы­ключатель замкнут.

**Контрольные вопросы**

1. Что называется электрической цепью?
2. Из каких элементов состоит электрическая цепь? Их назначение.
3. Назовите условия работы электрической цепи
4. Что называется электрической схемой соединений?
5. Куда направлен ток в электрической цепи?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**

**Исследование режимов работы источника ЭДС**

**Цель работы**: 1. Изучить схему замещенияэквивалентного источника

ЭДС и её параметры.

2. Исследовать режимы работы источника ЭДС.

3. Построить требуемые характеристики работы источника.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** схему замещенияэквивалентного источника ЭДС и её

параметры

**-** режимыработы источника электрической энергии

**уметь: -**  собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти-

метра

- по результатам измерений строить характеристики работы

источникаЭДС

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Поскольку реальные источники ЭДС или напряжения, применяемые в электротех­нике и электронике, часто имеют довольно сложные схемы, ниже рассмотрено их экви­валентное представление (рис.4.1), пригодное для выполнения любых расчетов цепи.

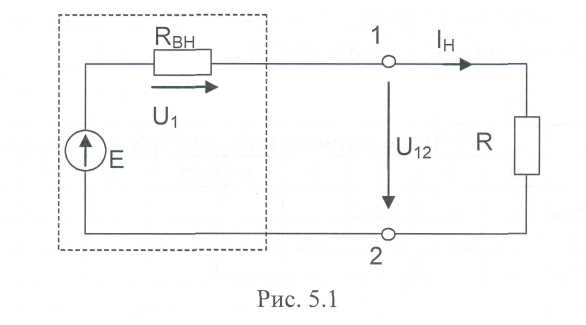


Рис. 4.1

Когда эквивалентный источник ненагружен, т.е. ток в нем отсутствует (режим холо­стого хода), имеем для выходного напряжения:

U12 = E,

где Е − ЭДС источника.

Когда эквивалентный источник напряжения нагружен, выходное напря-

жение опре­деляется следующим уравнением равновесия напряжения по второму закону Кирхгофа:

**Un = Е - Ih Rbh ,**

где IН = Е / (RBh + Rh ) − ток нагрузки; Rbh − внутреннее сопротивлениеэквивалентного источника; Rh − сопротивление нагрузки.

Если выходные зажимы первого и второго источника замкнуты друг на друга (режим короткого замыкания), имеем:

U12 = 0.

Возникающий при этом ток короткого замыкания Iк ограничен внутренним сопротив­лением источника

IK = E/RBH.

Параметры Е, Rbh и Ik эквивалентного источника напряжения могут быть представ­лены на графике (рис. 4.2) в виде характеристики Iн = f (U). Здесь же показана характе­ристика нагрузки: U = RhIh



Рис. 4.2

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Постройте характеристику эквивалентного источника напряжения и характеристику нагрузки для сопротивлений Rh =100 Ом, 33 Ом и 10 Ом. Для этого измерьте величи­ны ЭДС Е, тока короткого замыкания Iк, тока нагрузки Iн и выходного напряжения U12 источника.

• Соберите цепь согласно схеме (рис. 4.3).

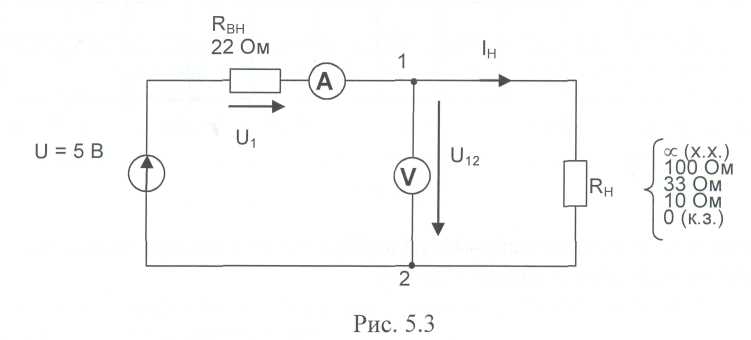
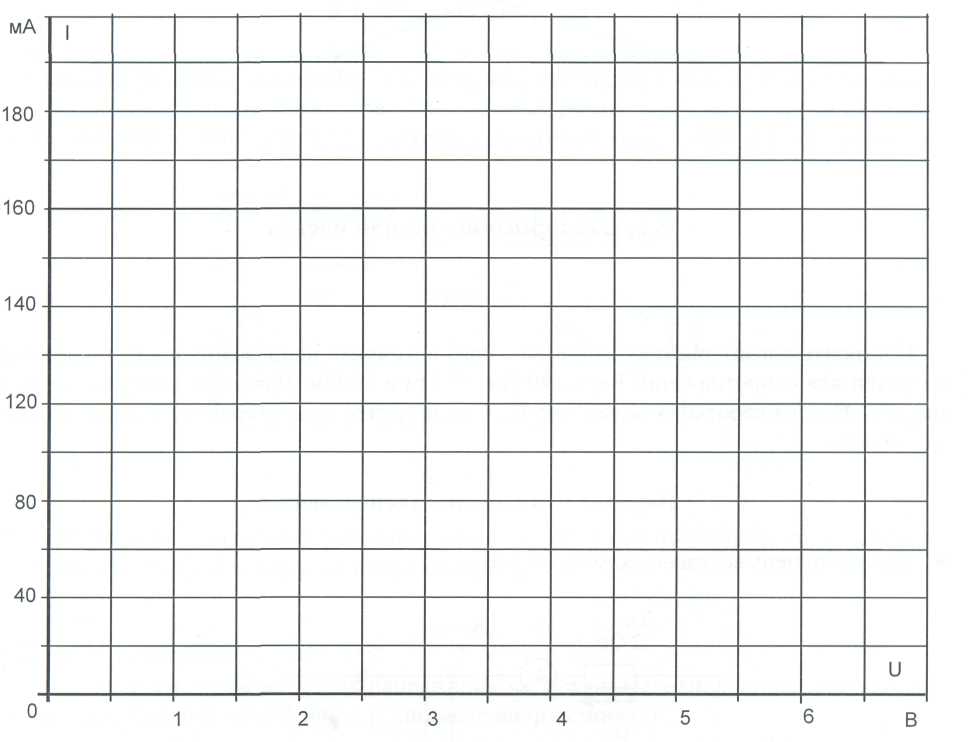


Рис. 4.3

1. Поскольку используемый источник питания стабилизирован (что означает равенст­во нулю его собственного внутреннего сопротивления), то для достижения цели данного эксперимента он должен быть дополнен сопротивлением Rbh= 22 Ома.
2. Для определения ЭДС источника Е необходимо измерить напряжение на разомкну­тых выводах 1 и 2 (режим холостого хода, Rh = ∞, U12 *=* Е).
3. Для измерения тока короткого замыкания IК между выводами 1 и 2 должна быть включена перемычка (режим короткого замыкания, Rh = 0, Ih = Ik).
4. Результаты измерений занесите в табл. 4.1 и перенесите их также на график (рис.4.4) для построения требуемых характеристик.

Таблица 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rh,Om | (x.x.) | 100 | 33 | 10 | 0 (k.3.) |
| U12,B | E = |  |  |  | 0 |
| IH, mA | 0 |  |  |  | Ik=…. |

Рис.4.4

**Контрольные вопросы**

1. Назовите режимы работы источников ЭДС и их определения.
2. Какие режимы работы называют крайними? Почему?
3. Почему режим короткого замыкания вне лабораторных условий считается аварийным?
4. Почему режим короткого замыкания в лабораторных условиях безопасен?
5. Как велико падение напряжения на Rbh, когда эквивалентный источник напряжения нагружен сопротивлением 100 Ом?
6. Как влияет уменьшение внутреннего сопротивления источника **Rbh** (например, до 5 Ом) на вид его характеристики **Iн = f(U)**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5**

**Исследование электрической цепи с последовательным**

**соединением приёмников**

**Цель работы**: 1. Освоить методику сборки электрической цепи по схеме.

2. Опытным путём проверить основные законы электро-

техники.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**Оборудование:**  лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены последовательно (рис. 5.1), по ним проходит один и тот же ток. Величина тока определяется приложенным на­пряжением U и суммарным сопротивлением ΣR:

I = U / ΣR,

где ΣR = R1 + R2 + R3.

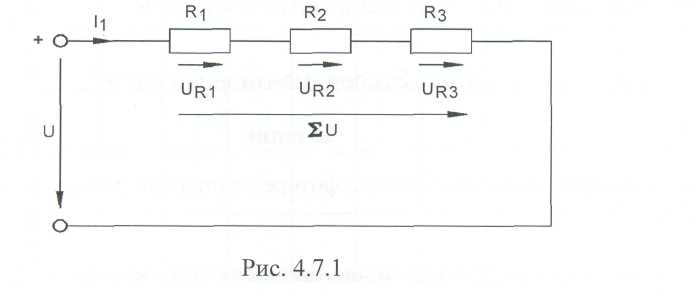


Рис. 5.1

На каждый отдельный резистор при этом приходится некоторое частичное напряже­ние. Сумма частичных напряжений в соответствии со вторым законом Кирхгофа равна полному приложенному напряжению:

**I∙R1**+ **I∙R2** + **I∙R3** = **U.**

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Измеряя токи и напряжения, убедитесь, что ток одинаков в любой точке последова­тельной цепи и что сумма частичных напряжений равна напряжению, приложенному ко всей цепи.

**Порядок выполнения эксперимента**

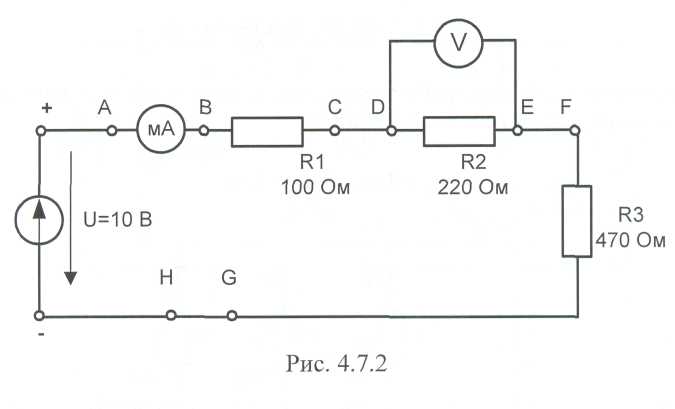
1. Соберите цепь согласно схеме (рис. 5.2), вставив перемычки между точками **А-В, C-D, E-F** и  **G-H.**

Рис. 5.2

Поочередно удаляя перемычки и включая на их ме­сто амперметр (мультиметр), измерьте токи вдоль всей последовательной цепи.

1. Затем измерьте частичные напряжения (падения напряжения) между точками В - С, D - Е, F - G, а также полное напряжение цепи между точками В - G. Все из­меренные величины занесите в табл. 5.1.

• Рассчитайте сопротивления всех участков цепи и полное сопротивление цепи по закону Ома **R = U /I** и занесите результаты в табл. 5.2.

Таблица 5.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ток,** мА | | | | **Падения напряжения, В** | | | **Полное напряжение, В** |
| Точки цепи | | | | Точки цепи | | | Точки цепи |
| IА-В | IC-D | IE-F | IH-G | UВ-С | UD-E | UF-G | UB-G |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 5.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Rbc, Ом | Rde, Ом | Rfg, Ом | Rполн, 0м |
|  |  |  |  |

• Проверьте выражение: Rэ = Rbc + Rde + Rfg.

**Контрольные вопросы**

1. Какое соединение приёмников называют последовательным?
2. Как определить эквивалентное сопротивление цепи при последовательном соединении приёмников?
3. Каковы падения напряжения по отношению к сопротивлениям соответст­вующих резисторов?
4. Показать по результатам измерений, как выполняется второй закон Кирхгофа.
5. Показать по результатам измерений, как выполняется закон Ома.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6**

**Исследование электрической цепи с параллельным соединением**

**приёмников**

**Цель работы**: 1. Освоить методику сборки электрической цепи по схеме.

2. Опытным путём проверить основные законы электро-

техники.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены параллельно (рис.6.1), все они находятся под одинаковым напряжением:

U = UR1 = UR2 = UR3

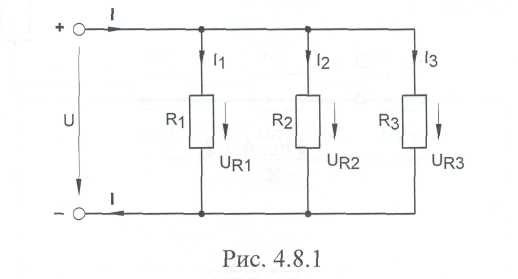


Рис.6.1

В каждой ветви цепи протекает свой ток. Сумма токов всех ветвей в соответствии с первым законом Кирхгофа равна полному току:

I = I1 + I2 + I3.

Величина тока ветви зависит от приложенного напряжения и сопротивления данной ветви:

I1 = U/R1**;** I2 = U/R2; I3 = U/R3.

Ток в неразветвленной части цепи зависит от приложенного напряжения и эквива­лентного сопротивления цепи

I = U / RЭ.

Для вычисления эквивалентного сопротивления цепи служит формула

RЭ = 1 / (1 / R1 + 1 / R2+ 1 / R3).

Для цепи с двумя параллельно соединенными резисторами:

**RЭ** = **R1∙ R2/** (**R1 + R2).**

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Измеряя напряжения и токи, убедитесь, что напряжение, прикладываемое к каждому резистору, одинаково и что сумма токов ветвей равна полному току цепи.

**Порядок выполнения эксперимента**

• Соберите цепь согласно схеме (рис. 6.2), вставив перемычки между точками **А - В**, **C-D**, **E-F**, **G - Н** и **L - К**. Подайте постоянное напряжение 10 В на вход цепи.

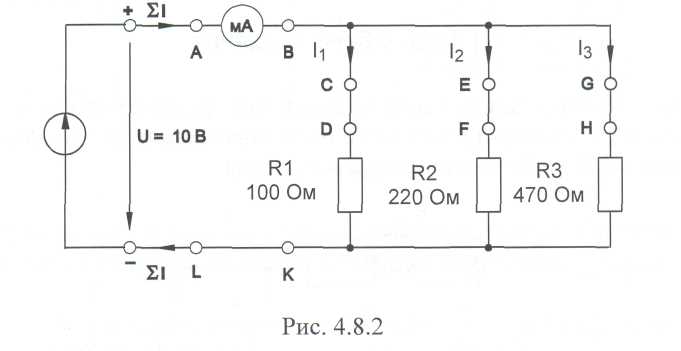


Рис. 6.2

• Поочередно удаляя перемычки и включая мультиметр в разрывы между точками **А -В**, **С - D**, **Е - F**, **G - Н** и **L - К**, измерьте токи в соответствующих ветвях.

• Затем, измерьте напряжения на резисторах R1, R2, и R3 (между точками D - К, F - К, Н-К).

• Занесите измеренные величины в табл. 6.1.

Таблица 6.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Напряжения, В** | | | **Токи ветвей, мА** | | | **Полный ток цепи, мА** | |
| Точки измерения | | | Точки измерения | | | Точки измерения | |
| D-K **(Ur1)** | F-K  (UR2) | Н-К  **(Ur3)** | **I**C-D | **I**E-F | **I**G-H | **I**А-В | **I**L-K |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

• Рассчитайте сопротивления всех участков цепи и полное сопротивление цепи по закону Ома R = U / I и занесите результаты в табл. 6.2

Таблица 6.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R1, Ом | R2, Ом | R3, Ом | Rэ, Ом |
|  |  |  |  |

• Проверьте выражение: **1** / **RЭ** = **1/R1** + **1/R2** + **1/ R3.**

**Контрольные вопросы**

1. Какое соединение приёмников называют параллельным?
2. Как определить эквивалентное сопротивление цепи при параллельном соединении приёмников?
3. Каковы токи ветвей по отношению к сопротивлениям этих ветвей?
4. Показать по результатам измерений, как выполняется второй закон Кирхгофа.
5. Показать по результатам измерений, как выполняется закон Ома.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7**

**Исследование электрической цепи со смешанным**

**соединением приёмников**

**Цель работы**: 1. Освоить методику сборки электрической цепи по схеме.

2. Опытным путём проверить основные законы электро-

техники.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**Оборудование:** лабораторный стенд.

# Краткие теоретические сведения

Смешанные соединения часто встречаются в электрических слабо- и сильноточных цепях. На рис. 7.1 показан пример такой цепи. Она состоит из последовательно (R1 и R2) и параллельно (R3 и R4) соединенных резисторов.

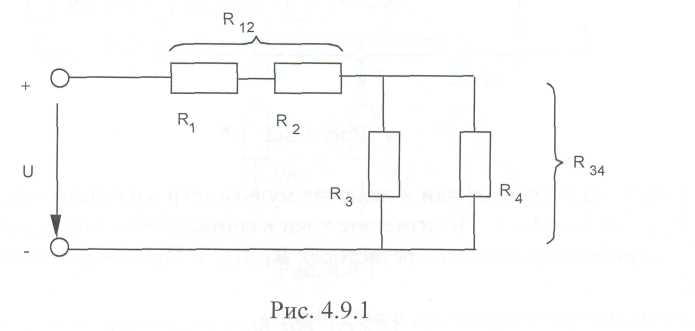


Рис. 7.1

Участки цепи с последовательным и параллельным соединением резисторов отно­сительно друг друга соединены последовательно. Чтобы вычислить полное сопротив­ление цепи, поочередно подсчитывают эквивалентные сопротивления участков цепи, получая в конце искомый результат. Так, для цепи (рис. 7.1) это делается следующим образом:

**R12** = **R1 + R2, R34 =** **R3 ∙R4 /** **(R3** + **R4), Rэ = R12 + R34.**

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Измерьте токи, напряжения и сопротивления всех участков цепи при смешанном соединении. Проверьте результаты вычислениями.

**Порядок выполнения эксперимента**

• Соберите цепь согласно схеме (рис. 7.2), вставив перемычки между точками **А-В**, **C-D** и **E-F.** Подайте на вход цепи постоянное напряжение 15 В.

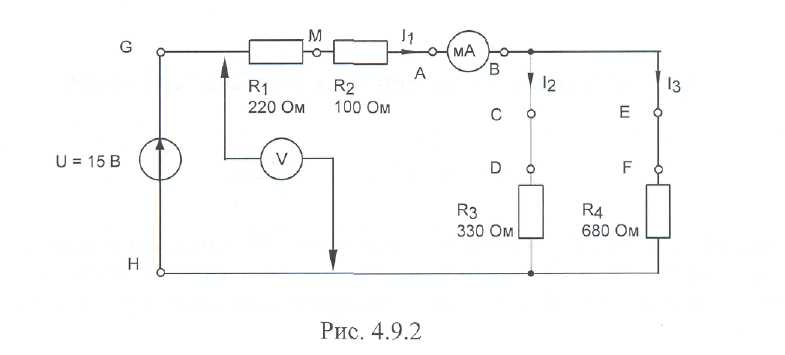


Рис. 7.2

1. Измерьте токи во всех ветвях, включая миллиамперметр вместо перемычек А-В, С- D и E-F. Измерьте напряжения на всех элементах. Результаты измерений занесите в табл. 7.1.
2. Определите сопротивление каждого участка цепи как отношение напряжения к то­ку, и занесите результаты в строку «Измеренные» табл. 7.2.

Таблица 7.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **I1 ,мА** | **I2, мА** | **Iз, мА** | **Ugh, В** | **Ugm, В** | **Uma, В** | **Uga, В** | **Ubh, В** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 7.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **R1Ом** | **R2, Ом** | **R3, Ом** | **R4, Ом** | **Rl2** | **R34, Ом** | **Rполн,**  **Ом** |
| Измеренные |  |  |  |  |  |  |  |
| Рассчитанные |  |  |  |  |  |  |  |
| Погрешность |  |  |  |  |  |  |  |

• Рассчитайте сопротивления участков цепи и полное сопротивление по формулам:

R12 = R1 + R2; R34 = R3 R4 / (R3 + R.); Rэ = R12 + R34

и занесите результаты расчета в строку «Рассчитанные» табл. 7.2.

• Сравните результаты расчета и измерений, вычислив расхождение результатов (по­грешность) в процентах по формуле:

**Измеренная величина - Расчетная** величина×100%

**Расчетная величина**

**Контрольные вопросы**

1. Какое соединение приёмников называют смешанным?
2. Как определить эквивалентное сопротивление цепи при смешанном соединении трёх приёмников? Пояснить на схеме.
3. Какие законы электротехники и как можно проверить по результатам измерений?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8**

**Исследование электрической цепи с последовательным**

**соединением источников**

**Цель работы**: 1. Исследовать работу источников ЭДС при различных

способах соединения в режимах холостого хода и под

нагрузкой.

2. Определить параметры работы источников при помощи

измерительных приборов.

3. Определить параметры работы источников при помощи

расчётов.

4. Сравнить результаты эксперимента и расчёта.

**Оборудование:** лабораторный стенд.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** способы соединения источников

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**Краткие теоретические сведения**

***Последовательное соединение*** (рис. 8.1) источников напряжения (ЭДС) дает боль­шее по величине общее напряжение (ЭДС):

ΣЕ = E1 + E2.

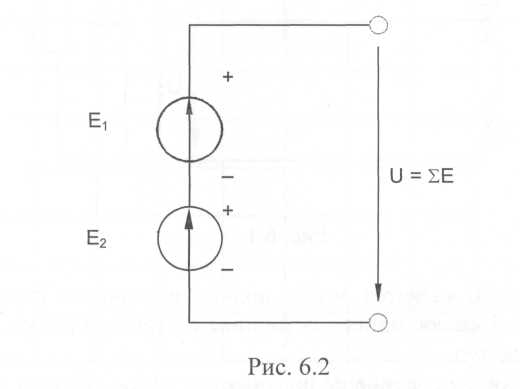


Рис. 8.1

Необходимым условием является то, чтобы полюса источников были соединены кор­ректно − положительный полюс одного источника с отрицательным полюсом следую­щего ***(согласное включение).***

Если полюса источников соединены противоположным образом ***(встречное вклю­чение),*** общее напряжение цепи определяется как разность напряжений (ЭДС) источ­ников:

ΣЕ = E1 - Е2.

Внутренние сопротивления последовательно соединенных источников суммируются в общее внутреннее сопротивление

**Rbh = Rbh1 + Rbh2.**

Когда цепь с последовательно соединенными источниками напряжения нагружена на резистор Rh,возникает ток, зависящий от общего напряжения, сопротивления на­грузки и суммы внутренних сопротивлений отдельных источников:

**Iн = ΣЕ / ( Rh + Rbh1 + Rbh2 ).**

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Соедините два источника напряжения последовательно сначала **согласно,** а затем **встречно.** Измерьте общее напряжение ΣЕ в обоих случаях.

**Порядок выполнения эксперимента**

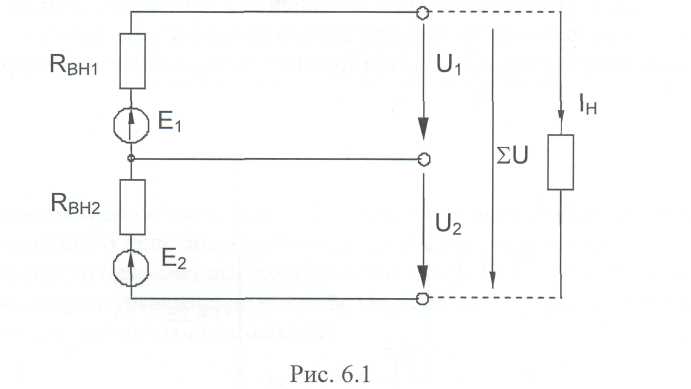


Рис. 8.2

**8**. **1. Согласное включение**

• Соберите цепь с последовательным соединением источников ЭДС, согласно схеме (рис.8.2), используя в качестве одного из источников нерегулируемый источ­ник **Е1≈ 15** В, в качестве другого − регулируемый, установив на нем напряжение 5... 10 В. Для измерения тока нагрузки в рабочем режиме в цепь включите амперметр.

• Измерьте поточнее значение ЭДС нерегулируемого источника

* Установите на регулируемом источнике напряжение, **Е2=5В** при помощи вольтметра.
* **Измерьте в режиме холостого хода:** эквивалентную ЭДС **ЕЭ**
* Включите в цепь нагрузку **Rh =220 Ом**.
* **Измерьте при работе под нагрузкой:** ток нагрузки **Iн**, выходное напряжение **Uн** и падения напряжения на внутренних сопротивлениях источников **Uвн1** и **Uвн2**
* Результаты всех измерений занесите в таблицу (опыт1, измерено)
* По известным параметрам: **E1, E2**, **Rbh1, Rbh2, Rh** рассчитайте эквивалентную ЭДС **ЕЭ**, ток **Iн** и напряжение **Uн**на нагрузке, падения напряжения на внутренних сопротивлениях источников **Uвн1** и **Uвн2**.
* Результаты расчётов занесите в таблицу (опыт1, рассчитано)
* Сравните результаты расчета и эксперимента. Рассчитать расхождение результатов (погрешность) в процентах.

**8.2. Встречное включение**

* Поменяйте полярность одного из источников.
* Далее следуйте всем указаниям пункта «8. 1. Согласное включение».
* Результаты всех измерений и расчётов занесите в таблицу 8.1 (опыт2).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Режим работы** | **Параметры режима** | **Измерено** | **Рассчитано** | **Погрешность измерений** |
| **Опыт 1.** *Согласное включение при последовательном соединении* *источников*  **Стенд№1. Е1 = В; Е2 = В;**  **RВН1 = RВН2 =22 Ом** | | | | |
| Холостой ход | ЕЭ |  |  |  |
| Рабочий  **Rн = 220 Ом** | UН  UВН1  UВН2  IН |  |  |  |
| **Опыт 2.** *Встречное включение при последовательном соединении источников*  **Стенд№2. Е1 = В; Е2 = В; RВН1 = RВН2 =22 Ом** | | | | |
| Холостой ход | ЕЭ |  |  |  |
| Рабочий  **Rн = 220Ом** | UН  UВН  UВН2  IН |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Для чего источники соединяют последовательно?
2. Как изменится сила тока в цепи при последовательном соединении двух одинаковых источников, по сравнению с одним, если нагрузка осталась прежней?
3. Как изменится напряжение в цепи при последовательном соединении двух одинаковых источников, по сравнению с одним, если нагрузка осталась прежней?
4. Как изменится сопротивление цепи при последовательном соединении двух одинаковых источников?
5. Что означает «согласное» включение источников ЭДС?
6. Что означает «встречное» включение источников ЭДС?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9**

**Исследование электрической цепи с параллельным**

**соединением источников.**

**Цель работы**: 1. Исследовать работу источников ЭДС при различных

способах соединения в режимах холостого хода и под

нагрузкой.

2. Определить параметры работы источников при помощи

измерительных приборов.

3. Определить параметры работы источников при помощи

расчётов.

4. Сравнить результаты эксперимента и расчёта.

**Оборудование:** лабораторный стенд.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** способы соединения источников

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**Краткие теоретические сведения**

*Параллельным соединением* (Рис.9.1) нескольких источников напряжения (ЭДС) одинаковой величины обеспечивается более высокий ток нагрузки Iн.

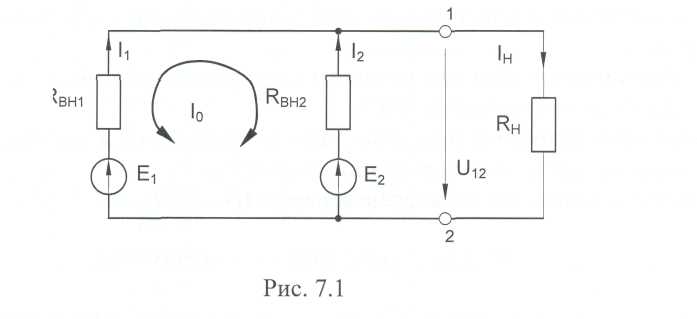
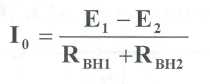
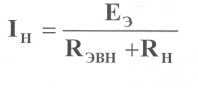


Рис. 9.1

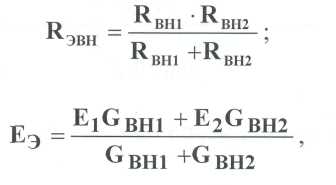
Соединять нужно одноименные полюса источников. Если ЭДС источников различ­ны, то в них возникает уравнительный ток I0. Он зависит от разности ЭДС источников и со­ответствующих внутренних сопротивлений:



Ток общей нагрузки IН зависит от сопротивления нагрузки RH, эквивалентной ЭДС и эквивалентного внутреннего сопротивления, также как и в одиночном источнике:



При параллельном соединении двух источников эквивалентное внутреннее сопро­тивление и ЭДС равны:



где Gвh1 = 1 / Rbhi, Gbh2 = 1 / Rbh2 − внутренние проводимости.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Соедините два источника напряжения параллельно и выполните следующие измере­ния: при одинаковых и неодинаковых ЭДС источников, при работе на холостом ходу и под нагрузкой.

* **Измеряемые величины при холостом ходу:** уравнительный ток I0 и выходное напряжение U12 (эквивалентная ЭДС).
* **Измеряемые величины при работе под нагрузкой:** токи ветвей с источниками I1 и I2, ток нагрузки Iн и выходное напряжение U12*.*

Проверьте величину всех измеренных параметров расчетом.

**Порядок выполнения эксперимента**

* Измерьте поточнее значения ЭДС нерегулируемых источников напряжения 15В и запишите их значения в табл. 9.1.
* Соберите цепь с параллельным соединением источников напряжения согласно схе­ме (рис. 9.2), используя в качестве E1 и Е2 нерегулируемые источники напряжения.
* Между точками А-В, C-D, E-F включите перемычки для поочерёдного подключе­ния амперметра.

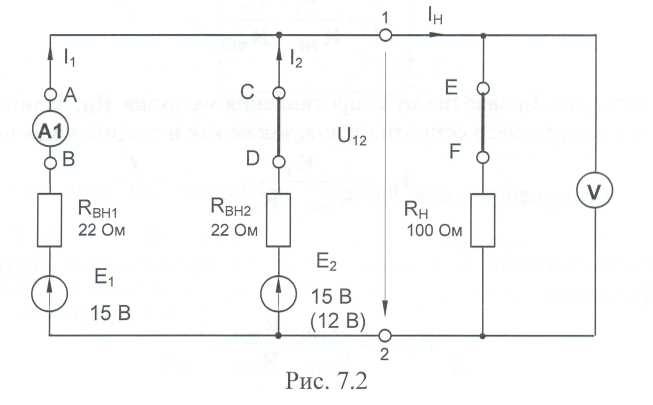


Рис. 9.2

1. Сделайте все измерения при примерно одинаковых источниках и запишите резуль­таты в табл. 9.1.
2. Замените источник напряжения Е2 на регулируемый источник, установив на нём предварительно напряжение примерно 12В, выполните измерения при неодинако­вых ЭДС и запишите результаты в табл. 9.1.
3. По известным параметрам: E1, E2, Rbh1, Rbh2, Rhрассчитайте эквивалентную ЭДС, уравнительный ток I0, ток Iн и напряжение U12на нагрузке, токи источников I1 и I2.
4. Сравните результаты расчета и эксперимента.

Таблица 9.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Параметр режима | Измерено | Рассчитано | Погрешность,  % |
| Одинаковые ЭДС (примерно) E1 = В, Е2 = В | | | | |
| Холостой ход | ЕЭ,В  I0, мА |  |  |  |
| Нагрузка Rh=100Om | U12,B  Iн, мА  I1, мА  I2*,* мА |  |  |  |
| Различные ЭДС E1 = В, Е2 = В | | | | |
| Холостой ход | ЕЭ,В  I0, мА |  |  |  |
| Нагрузка Rh=100Om | Ul2,B  IН, мА  I1,мA  I2*,* мА |  |  |  |

1. Примечание. Расчётные токи I1 и 12, можно определить из уравнений 2-го за­кона Кирхгофа:

**Rbh1∙ I1 + U12 = E1; Rbh2 ∙I2 *+* U12 = E2.**

**Контрольные вопросы**

1. Для чего источники соединяют параллельно?
2. Как изменится сила тока в цепи при параллельном соединении двух одинаковых источников, по сравнению с одним, если нагрузка осталась прежней?
3. Как изменится напряжение в цепи при параллельном соединении двух одинаковых источников, по сравнению с одним, если нагрузка осталась прежней?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10**

**Измерение мощности в цепи постоянного тока**

**Цель работы:** 1. Изучить порядок работы с цифровым ваттметром и

схему его включения в цепь для измерения мощности

2. Измерить мощность в цепи постоянного тока

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** функциональное назначение ваттметра;

**-** схему включения ваттметра в цепь для измерения мощности;

- косвенные методы измерения мощности;

**уметь: -** производить измерение мощности прямым и косвенным методами

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

**4.1Порядок работы с цифровым ваттметром**

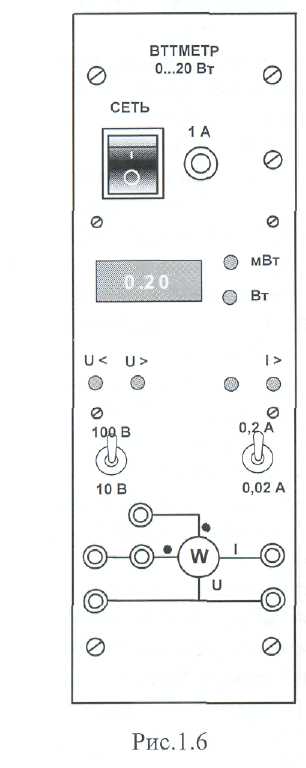
Цифровой ваттметр предназначен для измерения активной мощности в цепях постоянного и переменного тока.

Его принцип действия основан на перемножении мгновенных значений

тока и напряжения и отображении среднего значения этого произведения на дисплее прибора в цифровом виде.

Прибор включается в цепь, согласно схеме (Рис. 10.1), приведённой на лицевой панели блока ваттметра лабораторного стенда.

Токовая катушка («•» - «I») включается в цепь последовательно, как амперметр, а катушка напряжения («•» - «U») - параллельно – как вольтметр. Для измерения активной мощности, гнёзда, помеченные символом «•», должны быть соединены перемычкой. После сборки схемы необходимо включить выключатель «Сеть» и установить необходимые пределы измерения по току и по напряжению тумблерами 0,2А/0,02А и 100В/10В, соответственно. Если выбран заниженный предел измерения, то включается сигнализация перегрузки I > или (и) U >. Если, наоборот, предел завышен, то включается сигнализация I < или (и) U <. Справа от окошка цифровых индикаторов включаются автоматически светодиоды сигнализации размерности Вт или мВт.

**** Рис.10.1

**4.2. Измерение мощности косвенными методами.**

Если сопротивление R находится под напряжением U и по нему проходит ток I=, то за время t в нем произ­водится работа, которую можно подчитать по формуле:



Мощность - это работа, совершаемая за единицу времени:

[Вт],

За единицу времени принята 1 секунда (с);

За единицу работы принята 1 джоуль (Дж);

За единицу мощности принят 1 Ватт (Вт).

 1000Вт=1кВт.

Для косвенного измерения мощности в цепи постоянного тока, в большинстве случаев, достаточно амперметра и вольт­метра.

Если известно сопротивление нагрузки, которое не изменяется с течением времени, то мощность, потребляемую этим сопротивлением, мож­но определить только с помощью вольтметра, вычислив по формуле:

P = 

Или только при помощи амперметра, применив формулу:

Р=.

Измерив ток и напряжение (Рис 10.2), можно определить мощность косвенным методом, по формуле:



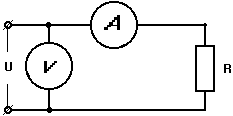


Рис 10.2

**Порядок проведения работы**

**Задание**

• Соберите цепь согласно схеме (рис. 10.3): R=150 Ом; Е =15В.

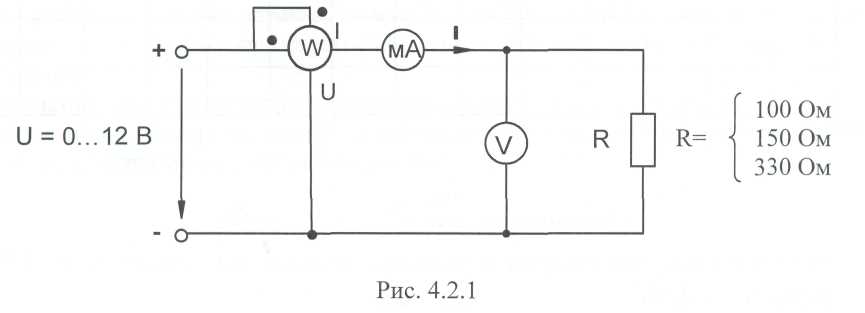


Рис. 10.3

1. Измерьте силу тока в цепи, напряжение и мощность.
2. Используя формулы, приведенные в теоретических сведениях, определите мощность в цепи при помощи косвенных измерений:

- силы тока,

- напряжения,

- силы тока и напряжения

1. Результаты измерений и расчётов занесите в табл. 10.1.

Таблица 10.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Метод измерения** | **расчетная**  **формула** | **результат**  **измерения**  **Р, Вт** |
| Прямой (при помощи ваттметра) |  |  |
| Косвенный (при помощи амперметра) |  |  |
| Косвенный (при помощи вольтметра) |  |  |
| Косвенный  (при помощи амперметра и вольтметра) |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Какие методы измерения мощности Вы знаете? Их достоинства и недостатки.
2. Как в цепь включается ваттметр?
3. Что нужно сделать, если цифровой ваттметр сигнализирует перегрузку по току?
4. Какие ещё применяются ваттметры, кроме цифровых?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11**

**Определение потери напряжения и мощности в проводах**

**линии электропередач**

**Цель работы**: 1. Определить потерю напряжения в проводах линии

электропередач.

2. Определить потерю мощности и коэффициент.

полезного действия в проводах линии электропередач

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** схему замещения линии электропередач

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока, напряжения и мощности при помо-

щи мультиметра

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Провода и приёмники электрической энергии образуют неразветвлённую электрическую цепь. В условиях действующей электрической установки напряжение в начале линии U1 и сопротивление проводов линии практически являются постоян­ными, поэтому ток I зависит только от величины нагрузки, включённой в конце линии, определяемой омическим сопротивлением электроприёмников. При пе­редаче энергии и результате падения напряжения в проводах напряжение в конце линии U2 меньше напряжения в начале линии на некоторую величину.

Разность между напряжениями в начале и в конце электрической линии называется потерей напряжения.

Отношение ***выходной*** мощности (или энергии) какого- либо устройства к ***входной*** мощности (или энергии) называется ***коэффициентом полезного действия:***

η *=* Рвых/ Рвх; η = Wbыx / WBX.

Поскольку выходная мощность (энергия) из-за потерь меньше, чем входная, коэффици­ент полезного действия (КПД) всегда меньше 1.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Определите КПД линии электропередачи энергии от генератора к потребителю (рис. 11.1) путем измерения тока и напряжения.

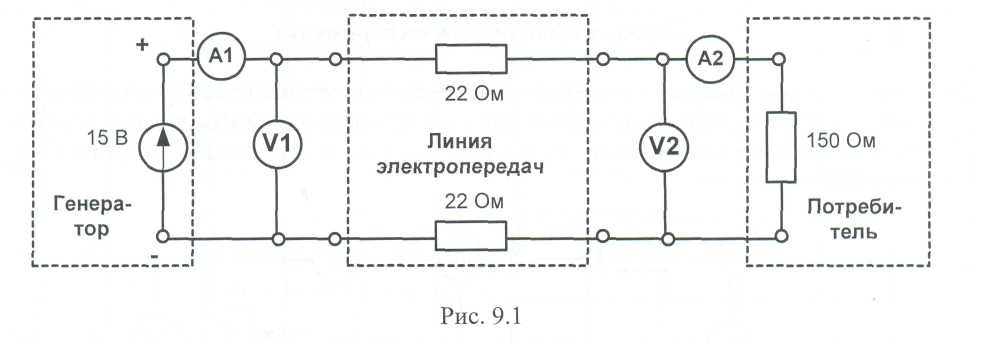


Рис. 11.1

1. Соберите цепь согласно схеме (рис. 11.1). Два резистора по 22 Ом имитируют потери впрямом и обратном проводах линии электропередачи.
2. Измерьте ток и напряжение в начале и в конце линии, найдите входную и выходную мощности, определите КПД линии.
3. Результаты сведите в табл. 11.1

Таблица 11.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Iвх, мА | UBX,B | Рвх, Вт | Iвых, мА | Uвых, В | Рвых, Вт | η |
|  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Что называется потерей напряжения в проводах в электрических линиях?

2. От чего зависит потеря напряжения в проводах линии?

3. Что в данной лабораторной работе имитирует ЛЭП? Почему такая замена возможна?

4. Что называется коэффициентом полезного действия ЛЭП?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12**

**Согласование источника и нагрузки по напряжению, току и мощности**

**Цель работы**: 1. Установить, при каком сопротивлении нагрузки

имеется согласование.

2. По результатам измерений построить графики

зависимости параметров цепи от нагрузки.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** режимыработы источника электрической энергии

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока, напряжения и мощности при помо-

щи мультиметра

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Выходные величины напряжения, тока и мощности источника напряжения зависят от его ЭДС и внутреннего сопротивления, так же как от подключенной к нему нагрузки.

Режим называется согласованным, если сопротивление нагрузки равно внутреннему сопротивлению источника. При этом в нагрузке потребляется максимальная мощность, а КПД источника энергии составляет 0,5.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Измеряя напряжение, ток и мощность источника, установите, при каком сопротивлении нагрузки имеется согласование.

**Порядок выполнения эксперимента**

• Соберите цепь согласно схеме (рис. 12.1). Поскольку используемый источник питания сам по себе стабилизированный, что означает фактически **Rbh** = 0, он дополнен последовательно включенным резистором 220 Ом, имитирующим внутреннее сопротивление.

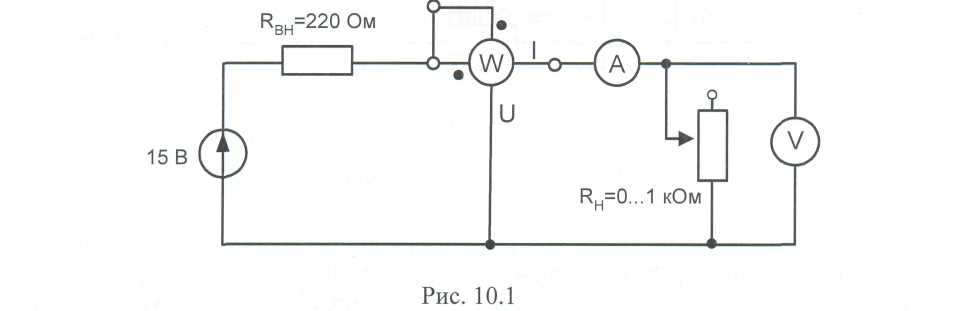


Рис. 12.1

1. Изменяя сопротивление нагрузки от 0 до 1000 Ом, запишите в таблицу 21.1 значения тока, напряжения и мощности на нагрузке при нескольких (порядка десяти) положениях ручки потенциометра.

Рассчитайте значения сопротивления нагрузки для каждого измерения и на рис.12.2 постройте графики **Iн = f(Rн), Uh = f(Rн) и Рн = f(Rн).**

Таблица 12.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **IH, мА** | **UH,B** | **Рн, мВт** | **Rh,Om** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

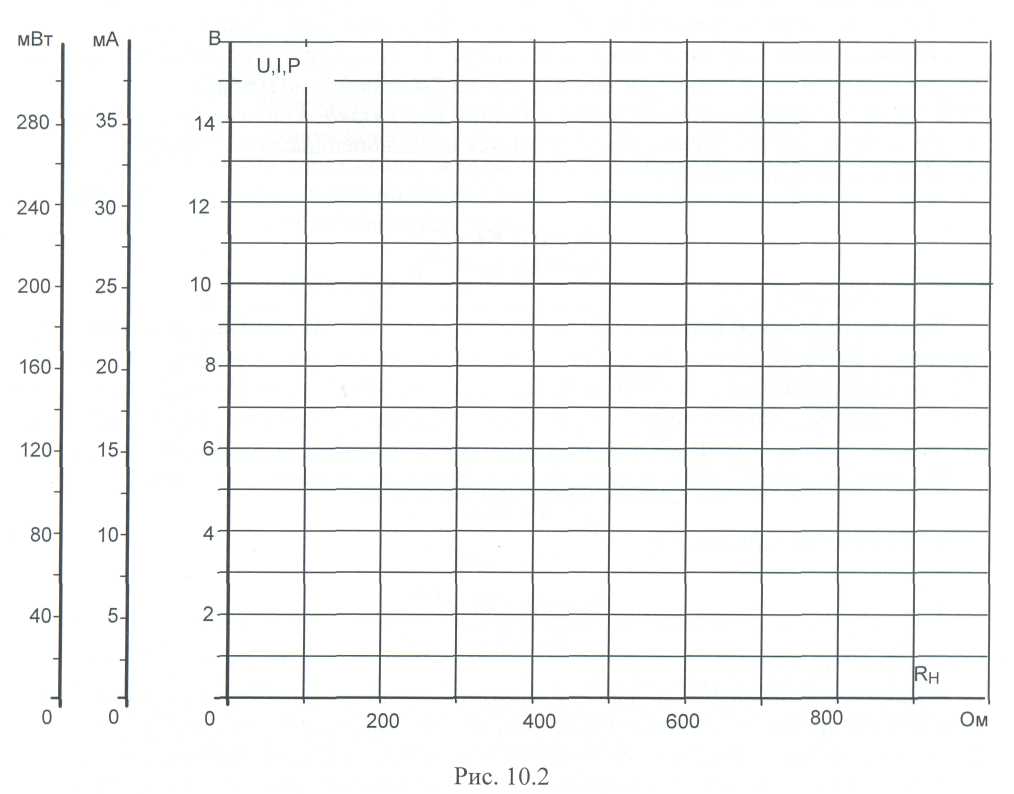


Рис. 12.2

**Контрольные вопросы**

1. В каком режиме в нагрузке потребляется максимальная мощность?
2. Когда имеют место согласование нагрузки по мощности?
3. От каких параметров зависят выходные величины источника ЭДС?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13**

Исследование делителя напряжения при работе вхолостую

**Цель работы**: 1. Исследование делителя напряжения при работе вхолостую.

2. Построение выходной характеристики делителя напряжения

при работе без нагрузки.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** назначение и устройство делителя напряжения

- расчётные соотношения напряжений и сопротивлений делителя

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения напряжения при помощи

мультиметра

- производить расчёт параметров делителя напряжений

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Делители применяются в тех случаях, когда нужно снизить имеющееся напряжение. Простейший делитель напряжения состоит из двух последовательно соединенных резисторов (рис. 13.1). Напряжения и сопротивления делителя можно рассчитать, используя соотношения

**U/U2 = (R1 + R2)/R2 → U2 = U × R2 / (R1+R2).**

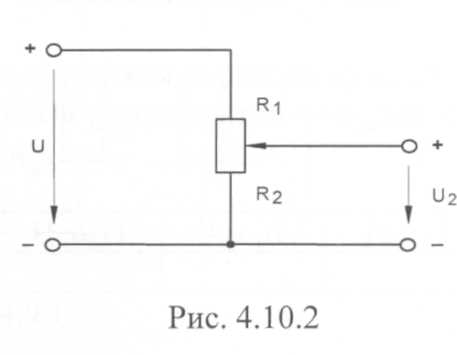
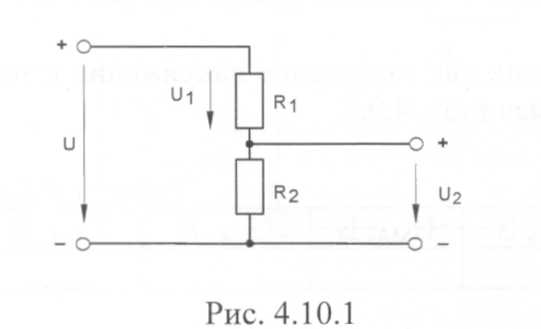


Рис. 13.1 Рис.13.2

Чтобы обеспечить регулирование вторичного напряжения, вместо двух постоянных резисторов используют потенциометр (рис. 13.2). Тогда, изменяя положение движка потенциометра (угол поворота α, при цилиндрической конструкции потенциометра), можно устанавливать напряжение на выходе делителя в диапазоне 0...U.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Соберите цепь делителя напряжения с потенциометром и постройте зависимость **U2 = f(**α**)**.

**Порядок выполнения эксперимента**

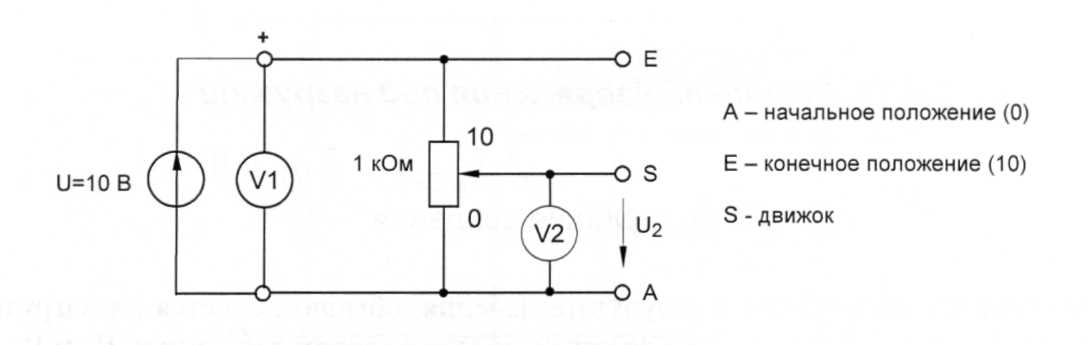


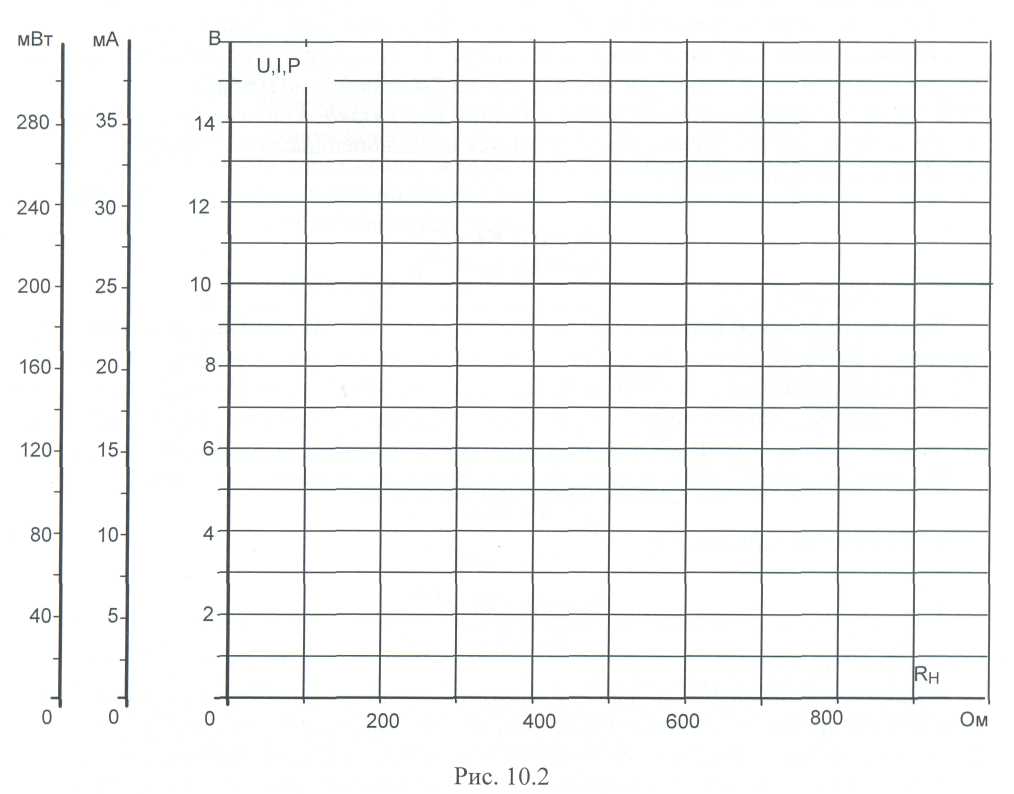
Рис.13.3

1. Соберите цепь потенциометра согласно схеме (рис. 13.3) и установите на ее входе постоянное напряжение 10 В. Измерьте напряжения **U** и **U2** при каждом из положе­ний потенциометра, заданных в табл. 13.1 значениями угла α. Внесите все изме­ренные величины напряжения в таблицу.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Положение потенциометра (**α) | | | | | | | | | | |
| **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **U, В** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **U2, В** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Перенесите значения напряжения U2 на график (рис. 13.4) для построения кривой **U2 = f(**α**)**.

**U2, В**



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Угловое положение потенциометра,** α

Рис. 13.4

**Контрольные вопросы**

* 1. Какую форму имеет кривая на рис. 13.4?
  2. Какова величина сопротивления, с которого снимается напряжение U2, при положении потенциометра α **=3**?
  3. Какое напряжение получается при суммировании **U1** и U2 на схеме рис. 13.1?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14**

Исследование работы делителя напряжения под нагрузкой

**Цель работы**: 1. Исследование делителя напряжения при работе

под нагрузкой.

2. Построение выходной характеристики делителя напряжения

при работе под нагрузкой.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** назначение и устройство делителя напряжения

- расчётные соотношения напряжений и сопротивлений делителя

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения напряжения при помощи

мультиметра

- производить расчёт параметров делителя напряжений

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Напряжение U2, получаемое в результате деления, обычно подается на нагрузку **R3**(рис14.1). Но из-за параллельного соединения между собой резисторов **R2** и **R3** соот­ношение напряжений меняется по отношению к ситуации, имевшей место при работе делителя вхолостую.

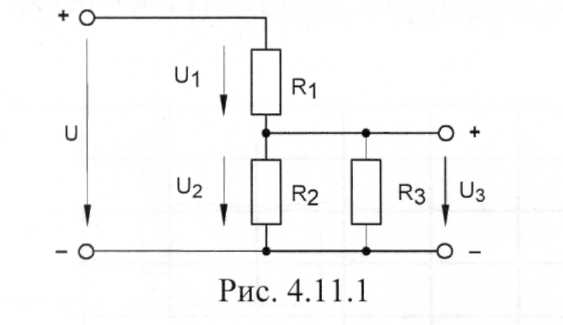
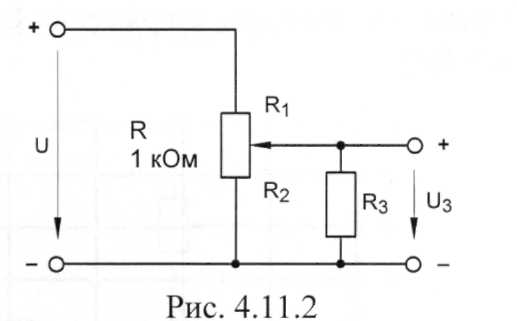
 

Рис. 14.1 Рис. 14.2

Напряжение на выходе делителя напряжения под нагрузкой можно рассчитать, оп­ределив эквивалентное сопротивление R23 параллельно соединенных резисторов R2 и **R3**:

**R23 = R2 R3 / (R2 + R3)**;

Тогда

**U**2=U×R2**3**/**(R1+** R23)

Если два постоянных резистора **R1** и R2 заменить потенциометром (рис. 14.2), становится возможным изменять напряжение **U2** от 0 до **U**, в зависимости от положения движка (угла поворота) потенциометра.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Соберите делитель напряжения на основе потенциометра и постройте характеристики U2 = f(α) при различных сопротивлениях нагрузки R3

Порядок выполнения эксперимента

1. Соберите цепь делителя в соответствии со схемой (рис. 14.3) и подайте на его вход постоянное напряжение **U=**10 В.
2. Измерьте напряжение **U2** при каждом из положений движка потенциометра, ука­занных в табл. 14.1 соответственно углу поворота α..
3. Измерения должны быть проведены при различных нагрузках (R3 = 330 Ом, 680 Ом и 1 кОм ).

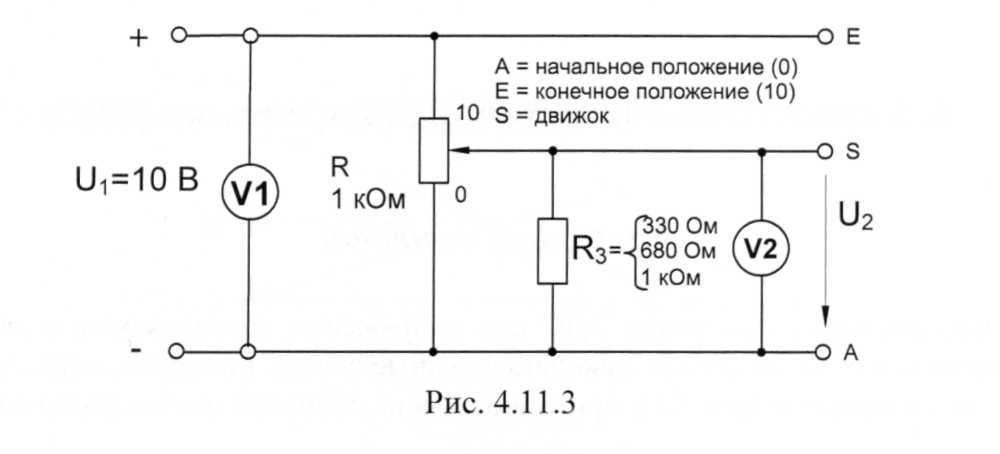
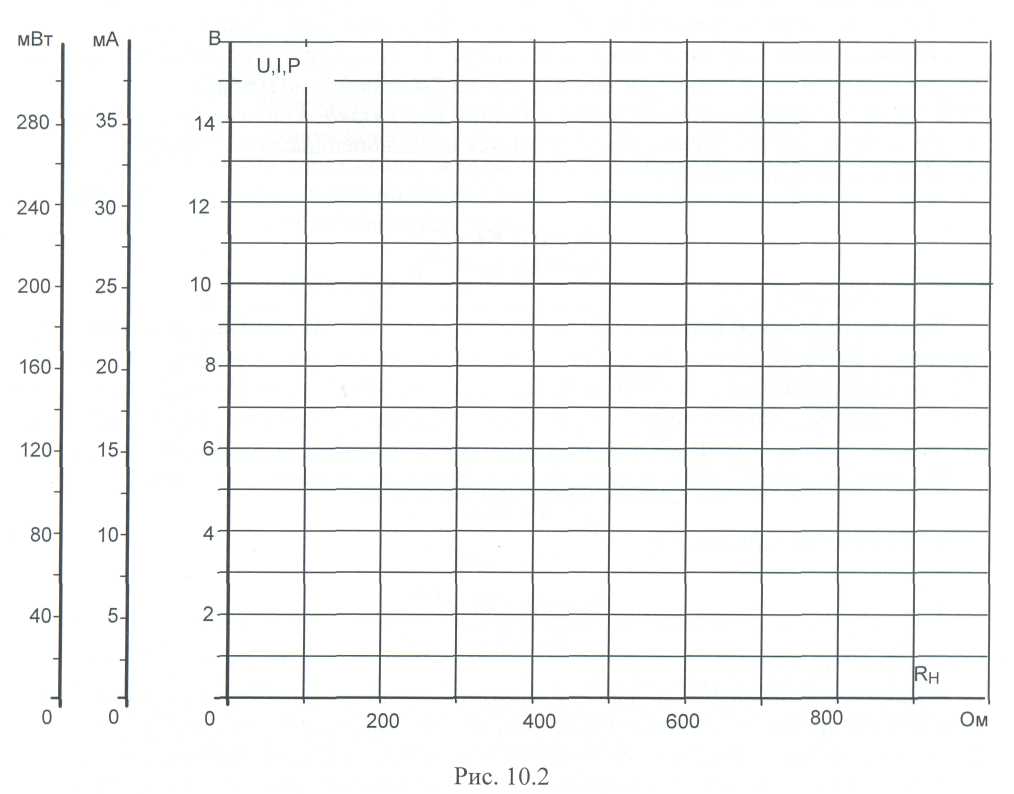


Рис. 14.3

Внесите все измеренные величины в табл.14.1 и перенесите их также на график (рис. 14.4) для построения кривой **U2= f(**α**).**

Таблица 14.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Положение потенциометра (**α) | | | | | | | | | | |
| **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| U2, В; R3 = 1 кОм |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| U2, В; R3=680 Ом |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| U2, В; R3 = 330 Ом |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | \ |

**U2, В**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Угловое положение потенциометра,** α

Рис. 14.4

**Контрольные вопросы**

1. Какую форму имеют кривые на рис. 14.4?
2. Какова величина сопротивления R2, с которого снимается напряжение U2, при положении потенциометра α **=** 6 при R3=680Ом?
3. Какова величина напряжения U2, при положении потенциометра α **=** 7 при R3=1кОм?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15**

Исследование **цепи с линейным сопротивлением**

**Цель работы**: 1. Опытным путём проверить основные законы электро-

техники.

2. Построить вольтамперные характеристики резисто-

ров по результатам измерений.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Резистор называют *линейным,* когда ток в нем изменяется пропорционально при­ложенному напряжению, т.е. если функция I = f(U) - прямолинейная.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Постройте зависимости I = f(U) для трех резисторов.

**Порядок выполнения эксперимента**

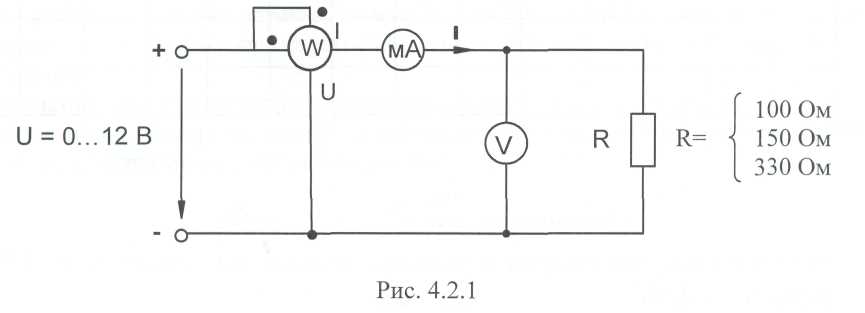


Рис. 15.1

• Соберите электрическую цепь с линейным резистором, согласно схеме рис.15.1

Таблица 15.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **U, в** | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| R = **100** Ом | **I,мА** |  |  |  |  |  |  |
| Р, **мВт** |  |  |  |  |  |  |
| R = **150** Ом | I, **мА** |  |  |  |  |  |  |
| Р, **мВт** |  |  |  |  |  |  |
| R = **330** Ом | I, мА |  |  |  |  |  |  |
| Р, **мВт** |  |  |  |  |  |  |

1. Подайте на схему напряжения, указанные в табл. 15.1 и запишите результаты изме­рений. Убедитесь, что Р = U**∙**I и R = U /I.
2. Постройте кривые I(U) на рис. 15.2 для каждого резистора.

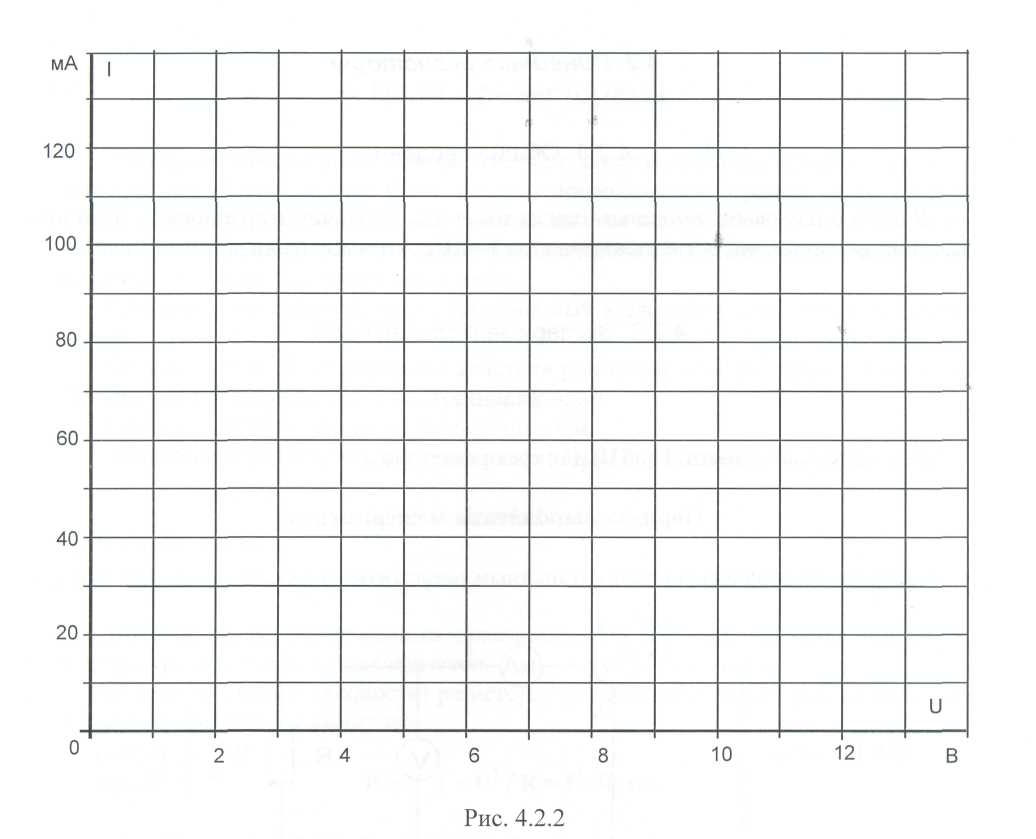


Рис. 15.2

• На рис. 15.2 проведите линию постоянной мощности 2 Вт.

**Контрольные вопросы**

1. Какой элемент электрической цепи называют линейным?
2. Что называется вольтамперной характеристикой?
3. Вычислите ток, при котором в резисторе рассеивается мощность

Р = 2 Вт:

при R=100Ом, I =...

при R= 150 Ом, I =...

при R=330 Ом, I =…

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16**

**Снятие статических характеристик**

**термистора**

**Цель работы**: 1. Изучить особенности работы и области применения

термисторов

2. Построить статические характеристики

по результатам измерений и расчетов.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** особенности работы и области применения термисторов

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-**  производить измерения тока и напряжения при помощи

мультиметра

- производить расчёт сопротивлений

- построить статические характеристики

по результатам измерений и расчетов

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Сопротивление ***терморезистора*** *с* ***отрицательным температурным коэффици­ентом (ОТК),*** называемого также *термистором,* уменьшается при повышении темпе­ратуры. Изменение сопротивления может быть вызвано изменением температуры ок­ружающей среды или собственным нагревом / охлаждением резистора при различных электрических нагрузках.

Характеристика термистора экспоненциальная, она зависит от вида примененного материала, конструкции и изменения температуры.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Постройте статические характеристики R = f (U) и I = f (U) термистора. Изменение температуры происходит саморазогревом термистора при увеличении приложенного напряжения.

**Замечание:** изменение температуры окружающей среды в данном эксперименте не рассматривается, потому что не всегда в стандартных электротехнических лаборатори­ях имеется необходимое тепловое оборудование.

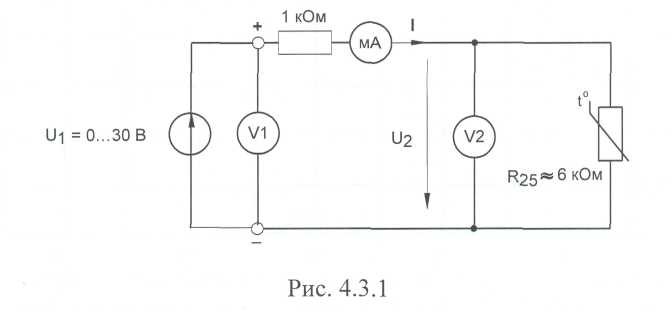


Рис. 16.1

**Порядок выполнения эксперимента**

• Соберите электрическую цепь согласно схеме (рис. 16.1) и измерьте ток I и напря­жение U2 на термисторе при постепенном увеличении напряжения U1 согласно табл. 16.1. Измерения должны быть выполнены с интервалами не менее 30 с, чтобы после каждого изменения напряжения достичь установившегося теплового состоя­ния термистора. Для измерения двух напряжений используйте один мультиметр, переключая его положительный вывод из одной точки в другую. Напряжения больше 15 В можно получить, соединив последовательно два источника постоянного напряжения: 0...15 В и 15 В. Резистор 1 кОм включен для ограничения тока и пре­дотвращения перегрева терморезистора.

Таблица 16.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U1, B | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| **U2,в** |  |  |  |  |  |  |
| I, мА |  |  |  |  |  |  |
| R, **кОм** |  |  |  |  |  |  |

* Занесите результаты измерений в табл. 16.1 и постройте по ним кривые на рис. 16. 2. Величины сопротивлений, необходимые для построения кривой R = f (U), можно рассчитать с использованием значений тока I и напряжения U2.

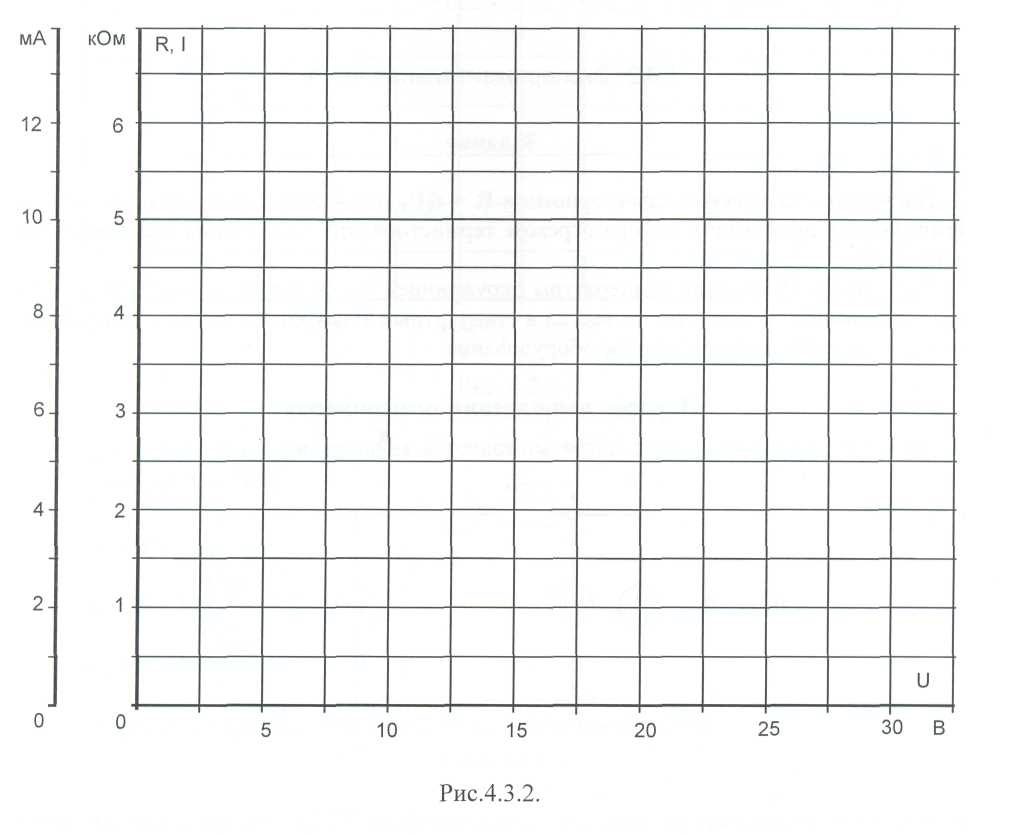


Рис. 16.2

**Контрольные вопросы**

1. От чего и как зависит сопротивление термистора? Что означает ***ОТК***?
2. Какова форма вольтамперной характеристики термистора?
3. От каких условий зависит форма вольтамперной характеристики термистора?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17**

**Снятие статических характеристик**

**терморезистора с ПТК**

**Цель работы**: 1. Изучить особенности работы и области применения

терморезисторов с ПТК

2. Построить статические характеристики

по результатам измерений и расчетов.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** особенности работы и области применения терморезисторов с ПТК

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-**  производить измерения тока и напряжения при помощи

мультиметра

- производить расчёт сопротивлений

- построить статические характеристики

по результатам измерений и расчетов

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Сопротивление ***терморезистора*** *с* ***положительным температурным коэффици­ентом (ПТК)*** увеличивается при повышении температуры. Изменение сопротивления может быть вызвано изменением температуры окружающей среды или собственным нагревом/охлаждением резистора при различных электрических нагрузках.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Постройте статические характеристики R = f (U) и I = f (U) терморезистора с ПТК. Обеспечьте изменение его сопротивления саморазогревом при приложенном напряже­нии.

**Замечание:** изменение температуры окружающей среды в данном эксперименте не рассматривается, потому что не всегда в стандартных электротехнических лаборатори­ях имеется необходимое тепловое оборудование.

Тот факт, что поведение терморезистора с ПТК зависит не только от температуры, но также и от величины приложенного напряжения (незначительно), не учитывается в данном эксперименте.

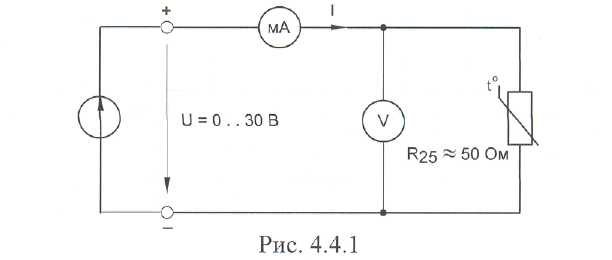


Рис. 17.1

**Порядок выполнения эксперимента**

1. Соберите электрическую цепь согласно схеме (рис. 17.1). Измерьте токи нелиней­ного резистора при напряжениях, указанных в табл. 17.1. Измерения должны быть выполнены с интервалами 30 с, чтобы после каждого изменения напряжения дос­тичь установившегося теплового состояния терморезистора.
2. Рассчитайте сопротивления R и постройте по результатам измерений и расчётов кривые на рис. 17.2.

Таблица 17.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U**, в** | **2** | **5** | **10** | **15** | **20** | **25** | **30** |
| **I, мА** |  |  |  |  |  |  |  |
| **R, Ом** |  |  |  |  |  |  |  |

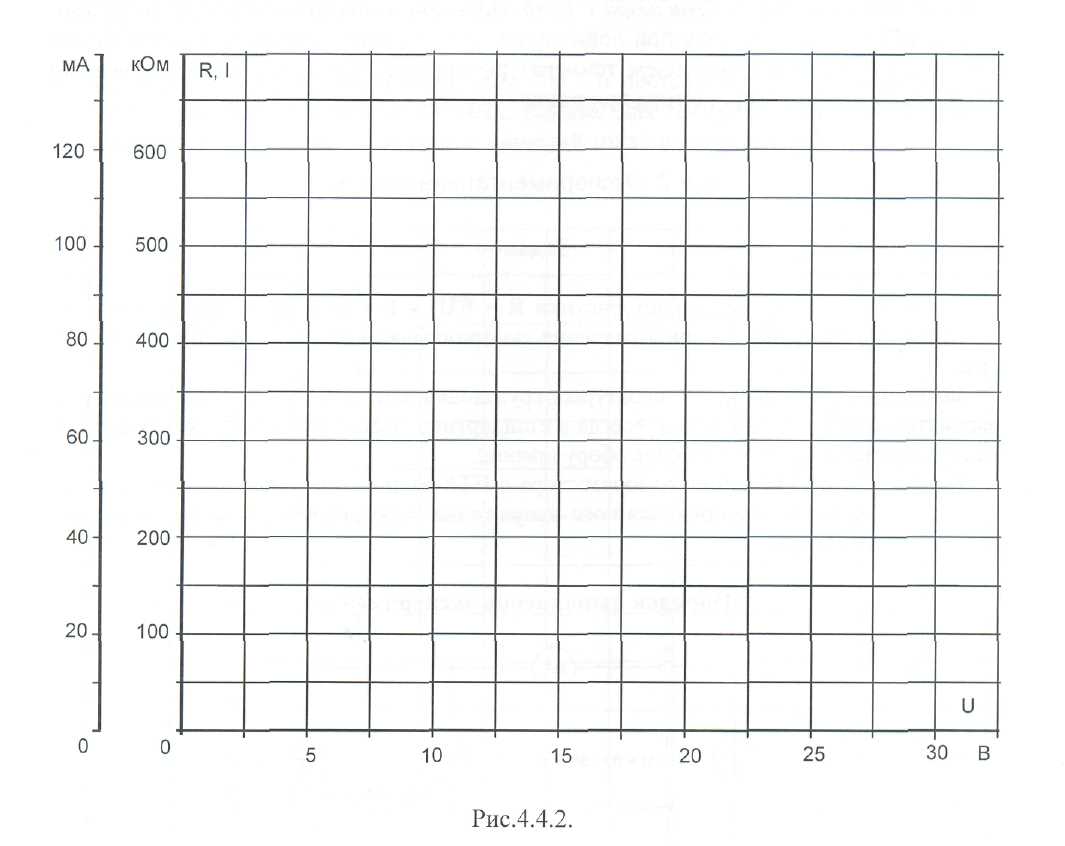


Рис. 17.2

**Контрольные вопросы**

1. Что означает ***ПТК***?
2. От чего зависит сопротивление терморезистора с ПТК?
3. Что вызывает изменение сопротивления терморезистора с ПТК?
4. Какова форма вольтамперной характеристики терморезистора с ПТК?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 18**

**Снятие статических характеристик**

**варистора**

**Цель работы**: 1. Изучить особенности работы и области применения

варистора

2. Построить статические характеристики

по результатам измерений и расчетов.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** особенности работы и области применения варисторов

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-**  производить измерения тока и напряжения при помощи

мультиметра

- производить расчёт сопротивлений

- построить статические характеристики

по результатам измерений и расчетов

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Сопротивление ***вapucmopa***уменьшается при увеличении приложенного на­пряжения. Они используются в электронных цепях для ограничения и стабилизации напряжения, гашения дуги и защиты от перенапряжений.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Постройте статические кривые R = f(U) и I = f(U) для варистора.

**Порядок выполнения эксперимента**

• Соберите электрическую цепь согласно схеме (рис. 18. 1) и измерьте токи в варисторе при напряжениях, указанных в табл. 18.1.

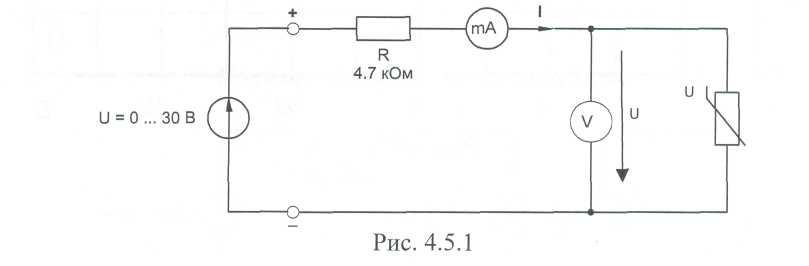


Рис. 18.1

Таблица 18.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U, в | 6 | 8 | 8,5 | 9 | 9,5 | 10 | **10,5** | 11 | **11,5** | 12 |
| I, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, кОм |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* Величины сопротивлений, необходимые для построения кривой

R = f (U) рассчи­тайте с использованием значений тока и напряжения.

* Результаты внесите также в табл. 18.1.
* Постройте графики на рис. 18.2.

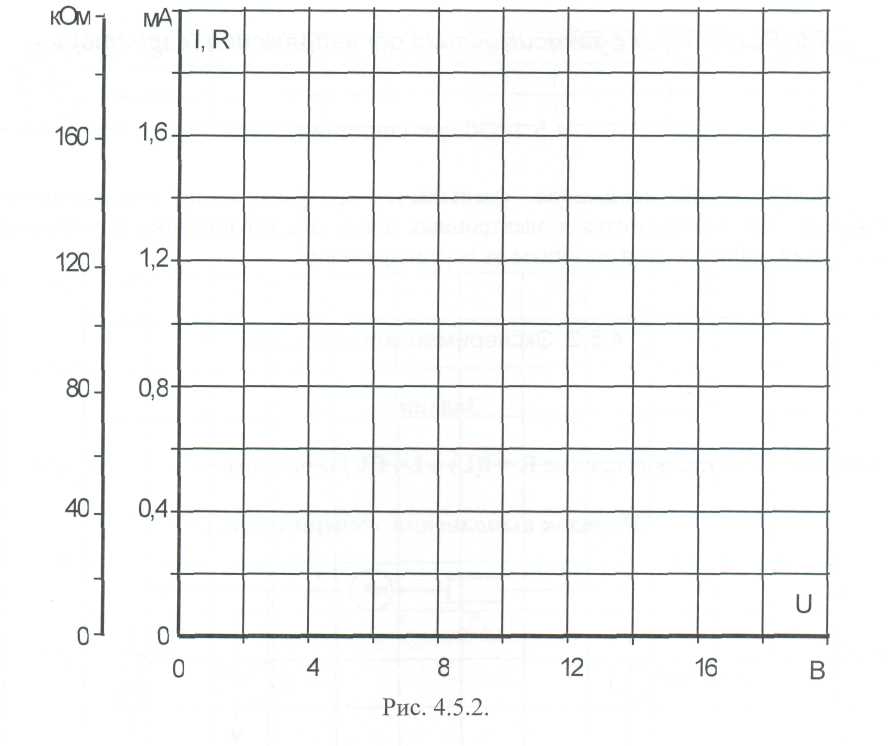


Рис. 18.2

**Контрольные вопросы**

1. От чего и как зависит сопротивление варистора?
2. Какова форма вольтамперной характеристики варистора?
3. Где и с какой целью используются варисторы?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 19**

**Измерение сопротивления**

**фоторезистора**

**Цель работы**: 1. Изучить особенности работы и области применения

фоторезисторов

2. Измерить сопротивление фоторезистора при различных

уровнях осве­щенности.

.*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** особенности работы и области применения фоторезисторов

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-**  производить измерения тока и напряжения и сопротивления при

помощи мультиметра

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

***Фоторезистор*** уменьшает свое сопротивление при усилении освещенности и увеличивает его при ослаблении освещенности.

Изменение сопротивления обусловлено внутренним фотоэлектрическим эффектом. При поглощении полупроводниковым материалом лучевой энергии образуются сво­бодные носители заряда, что ведет к увеличению проводимости (и снижению сопро­тивления).

Фоторезисторы часто используются в электронных цепях, например, как датчики освещённости, или в устройствах пожарной сигнализации.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Измерьте омметром сопротивление фоторезистора при различных уровнях осве­щенности.

**Порядок выполнения эксперимента**

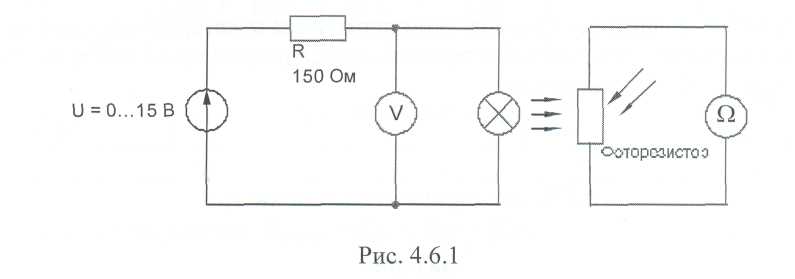


Рис. 19.1

1. Соберите цепь согласно схеме (рис.19.1). К фоторезистору подключите мультиметр в режиме измерения сопротивления. Установите источник света на наборной пане­ли, так чтобы лампа источника света располагалась напротив фоторезистора. Чтобы свести к минимуму влияние внешнего освещения, прикройте сверху источник света и фоторезистор.
2. Измерьте сопротивление фоторезистора при значениях напряжения на лампе, ука­занных в табл. 19.1 и заполните таблицу 19.1.

Таблица 19.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U, в | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| R, Ом |  |  |  |  |  |  |  |

Сделайте выводы по результатам эксперимента.

**Контрольные вопросы**

* 1. Какие элементы электрических цепей называют нелинейными?
  2. От чего и как зависит сопротивление фоторезистора?
  3. Принцип действия фоторезистора.
  4. Где и с какой целью используются фоторезисторы?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 20**

**Определение цены деления стрелочных приборов**

**Цель работы:** 1. Знакомство со стрелочными электроизмерительными

приборами

2.Определение цены деления амперметров и вольтметров

3.Определение цены деления ваттметров

4. Измерение тока и напряжения при помощи многопре-

дельного универсального прибора магнитоэлектрической

системы

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** классификацию электроизмерительных приборов;

**-** значения цифровых и буквенных символов на шкале прибора;

**уметь: -** подбирать электроизмерительные приборы по пределу измерений

**-** производить измерения тока, напряжения и мощности стрелочными

электроизмерительными приборами

- определять цену деления различных стрелочных приборов

- правильно снимать и записывать их показания.

**Оборудование:** лабораторный стенд «Уралочка», ваттметр электродинами-

ческой системы

**Краткие теоретические сведения**

Прежде чем приступить к сборке электрической цепи, следует выбрать необходимые приборы и аппараты.

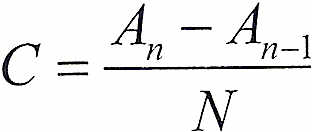
При выборе приборов нужно учитывать их тип, номинальное значение, род тока, класс точности.

Приборы магнитоэлектрической системы используют только для измере­ния на постоянном токе, а приборы электромагнитной, электродинамической, электронной систем могут работать как на постоянном, так и на переменном токе.

Необходимо правильно подбирать электроизмерительные приборы по пределу измерения. Для этого нужно научиться оценивать ожидаемый результат измерений. Для безопасности, сначала нужно выбрать наибольший предел, а затем, если стрелка останавливается в самом начале шкалы, уменьшить его. Результат измерений будет более точным, если стрелка отклонилась за середину шкалы, но при этом прибор не зашкаливает.

Прежде, чем приступить к измерениям стрелочными электроизмерительными приборами, нужно определить их цену деления прибора.

***Способ 1.*** Применяется, если на шкале прибора имеются цифры, которые означают измеряемую величину. В этом случае частное от деления разности двух ближайших оцифрованных значений ***Ап*** и ***Ап-1*** на число делений между ними, ***N*** дает искомую величину:



Например, амперметр электромагнитной системы имеет оцифрованные деле­ния: 0, 1, 2, 3, 4, и 5 А. Между отметками 3 и 4 нанесено четыре риски, Т.е. пять делений, при этом цена одного деления:

Если между отметками 1 и 2 только одна риска, т.е. два деления, в этом случае цена деления

***Способ 2.*** Применяется, если прибор многопредельный, то есть цифры на его шкале обозначают только количество делений, а не измеряемую величину.

В этом случае цена деления прибора ***С*** определяется отношением верхнего предела измерений ***Амакс*** к числу делений на шкале ***Nмакс***:

Например, вольтметр электромагнит­ной системы имеет 150 делений и пределы измерения напряжения 150В и 300В. В этом случае цена деления для предела 150В:

Для предела 300В:

***Способ 3.*** Несколько сложнее дело с многопредельными ваттметрами.

Мощность потребителя определяется по формуле:

*Р* = *U·1*

Ваттметр должен фиксировать одновременно и напряжение потребителя, и силу тока. В связи с этим измерительный механизм электродинамического ваттметра имеет две обмотки: токовую (последовательную) и обмотку напряжения (параллельную). Прибор рассчитан на два предела по току, для чего имеются две соответствующие клеммы, и несколько пределов по напряжению, для которых служит специаль­ный переключатель. Цена деления ваттметра ***С*** равна произведению пределов на­пряжения и силы тока, деленному на число делений на шкале

Например, ваттметр электродинамической системы имеет пределы измерения

по току *=2.5 и 5A* , по напряжению *=75;150 и 300В .*

и число делений = *150*.

Цену деления для пределов 75В и 2,5А мы можем определить следующим образом:

Для определения показаний всех стрелочных приборов необходимо цену деления ***С*** умножить на количество делений, на котором остановилась стрелка в момент измерения.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Определить цену деления и записать показания многопредельного универсального прибора магнитоэлектрической системы при измерении им тока и напряжения.

**Порядок выполнения эксперимента**

* Собрать простейшую электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения ***U*** =30В и нагрузки ***R*** = 150 Ом.

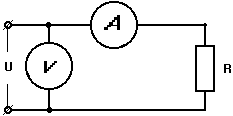


Рис. 20.1

* Для измерения тока ***I*** и напряжения ***U***в цепи, нужно подключить амперметр и вольтметр так, как показано на схеме на Рис. 20.1.
* Вычислить цену деления вольтметра для предела измерения 30В
* Вычислить цену деления амперметра для пределов 1 и 2 А
* Измерить напряжение источника
* Измерить ток в цепи на двух пределах измерения (1 и 2 А).
* Результаты измерений и расчётов занести в таблицу20.1
* Выбрать предел измерения, при котором показания амперметра будут точнее. Обосновать свой выбор.

Таблица 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Измеряемые величины | **U, В** | **I, А** | **I, А** |
| Предел измерения | 30В | 1А | 2А |
| Цена деления | В/дел | А/дел | А/дел |
| Показания на шкале, дел. |  |  |  |
| Результат измерений |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Как определить цену деления прибора, на шкалу которого нанесены цифры, обозначающие измеряемую величину?
2. Как определить цену деления многопредельного прибора?
3. Как определить цену деления стрелочного ваттметра?
4. Что обозначают символы - V, ~ V, - А, ~ А рядом с контактными гнездами многопредельного универсального прибора магнитоэлектрической системы?
5. Что обозначают цифры рядом с контактными гнездами многопредельного универсального прибора магнитоэлектрической системы?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 21**

**Определение коэффициента магнитной связи**

**между катушками**

**Цель работы**: 1. Определение коэффициента магнитной связи катушек

с различными сердечниками.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** устройство и принцип действия трансформатора

**уметь:**  **-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра;

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Трансформатор состоит из двух или большего числа катушек (обмоток), магнитная связь между которыми обеспечивается с помощью ферромагнитного сердечника.

Трансформаторы используются для преобразования и согласования напряжений, токов и сопротивлений, а также для развязывания электрических цепей (гальваническая раз­вязка).

В идеальном трансформаторе потребляемая им мощность равна мощности, отда­ваемой в нагрузку. В реальности, однако, имеют место потери мощности в меди обмо­ток (в омических сопротивлениях обмоток) и в сердечнике трансформатора, поэтому резистору нагрузки отдается только часть потребляемой трансформатором мощности.

*Коэффициент магнитной связи.* Чтобы обеспечить требуемую магнитную связь между первичной и вторичной об­мотками трансформатора, их помещают на общем сердечнике (рис. 21.1).

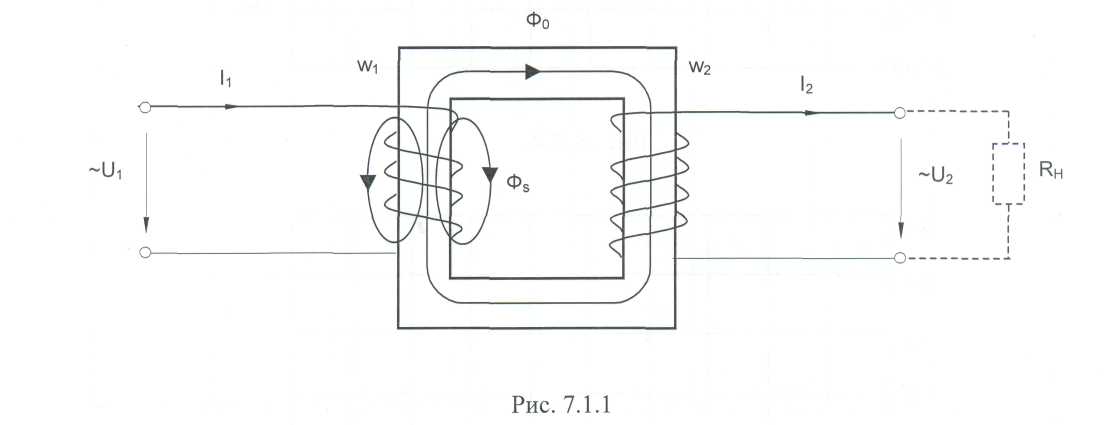


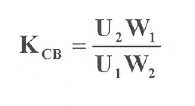
Рис. 21.1

Когда по первичной обмотке W1 протекает ток I1, то большая часть создаваемого им магнитного потока Ф0 сцепляется также и с витками вторичной катушки W2. Одна­ко часть создаваемого первой катушкой потока Фs замыкается минуя вторую катушку. Эта часть потока называется потоком рассеяния.

Отношение

КСВ = Ф0 / (Ф0+ Фs)

называется коэффициентом магнитной связи. Его можно выразить через напряжения U1 и U2 при холостом ходе и число витков:



В идеальном трансформаторе коэффициент связи стремится к единице, однако равным или больше единицы он быть неможет.

Во избежание искажения сигналов при их трансформировании и для исключения преждевременного магнитного насыщения материала сердечника постоянным током иногда в сердечнике создают зазор из неферромагнитного материала. Но тогда коэф­фициент связи уменьшается.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Измеряя напряжения, определите коэффициент магнитной связи между катушками

* при наличии замкнутого сердечника;
* при наличии сердечника с зазором;
* при наличии половины сердечника;
* при отсутствии сердечника

**Порядок выполнения эксперимента**

• Подсоедините источник синусоидального напряжения к выводам первичной обмот­ки согласно схеме (рис. 21.3) и установите напряжение U1 = 6..7 В, f = 1 кГц.

• Разместите первичную и вторичную катушки, имеющие по 900 витков каждая, на разъемном сердечнике, состоящем из двух половин, как показано на рис. 21.2.

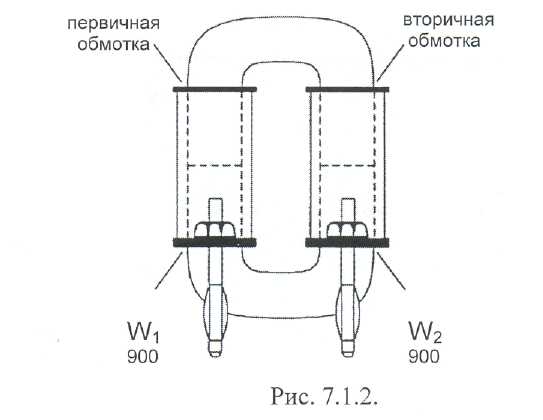


Рис. 21.2.

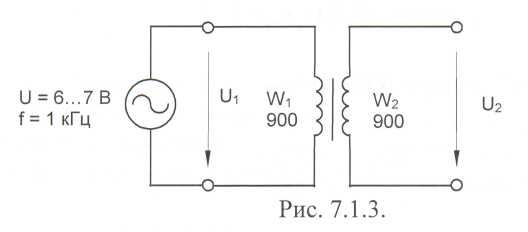


Рис. 21.3

• Измерьте мультиметром первичное и вторичное напряжения и занесите результат в таблицу 21.1(строка «При наличии замкнутого сердечника»). Вычислите Ксв.

Таблица 21.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **U1;в** | **U2, в** | **Ксв = U2/U1** |
| При наличии замкнутого сердечника |  |  |  |
| При наличии сердечника с воздушным зазором |  |  |  |
| При наличии половины сердечника |  |  |  |
| При отсутствии сердечника |  |  |  |

• Для образования зазора в магнитопроводе поместите квадратики плотной бумаги между верхней и нижней половинами разъемного сердечника и повторите опыт.

• Удалите одну подкову разъемного сердечника и снова повторите измерения.

• Удалите сердечник полностью и заполните последнюю строку табл. 21.1.

**Контрольные вопросы**

1. Что называется трансформатором?

2. Устройство трансформатора.

3. Что такое магнитная связь?

4. Почему изменяется вторичное напряжение?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 22**

**Снятие внешней характеристики трансформатора**

**Цель работы**: 1. Построить внешнюю характеристику трансформатора.

2. Определить КПД трансформатора при различной

нагрузке

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** устройство и принцип действия трансформатора

**уметь:**  **-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти -

метра;

-производить измерения активной мощности при помощи ватт-

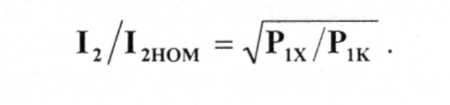
метра

- строить графики по результатам измерений и расчётов

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Ввиду наличия активных сопротивлений и магнитных потоков рассеяния выходное напряжение зависит от тока нагрузки. Эта зависимость называется внешней характери­стикой. Вид внешней характеристики зависит от характера нагрузки (активная, индук­тивная или емкостная). По оси абсцисс откладывают, обычно, ток нагрузки в относи­тельных единицах I2 / I2HOM, а по оси ординат- U2 / U2HOM. От нагрузки зависят потери мощности и КПД трансформатора .В случае активной нагрузки КПД имеет максимальное значение при



**Порядок проведения работы**

**Задание**

Снимите экспериментально внешнюю характеристику и зависимость КПД от тока трансформатора, нагруженного на активное сопротивление.

**Порядок выполнения эксперимента**

1. Соберите трансформатор с числом витков W1 = 300, W2 = 100, 300 или 900 по ука­занию преподавателя.
2. Соберите цепь по схеме (рис. 22.1).

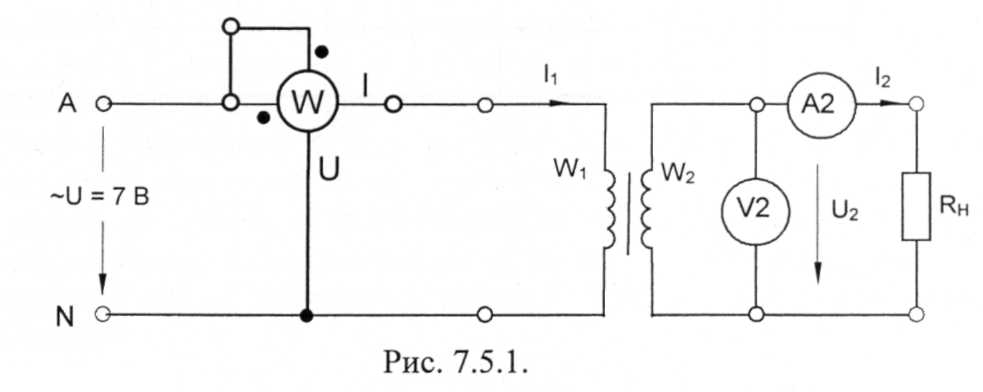


Рис.22.1

* Изменяя сопротивление нагрузки, как указано в табл. 22.1, сделайте измерения U2, I2 и Р1,
* рассчитайте **Р2 = U2×I2**, I2 / I2HOM, U2 / U2HOM, **КПД** и постройте графики на рис. 22.2. (Номинальные параметры обмоток указаны в табл. 22.1)

Таблица 22.1

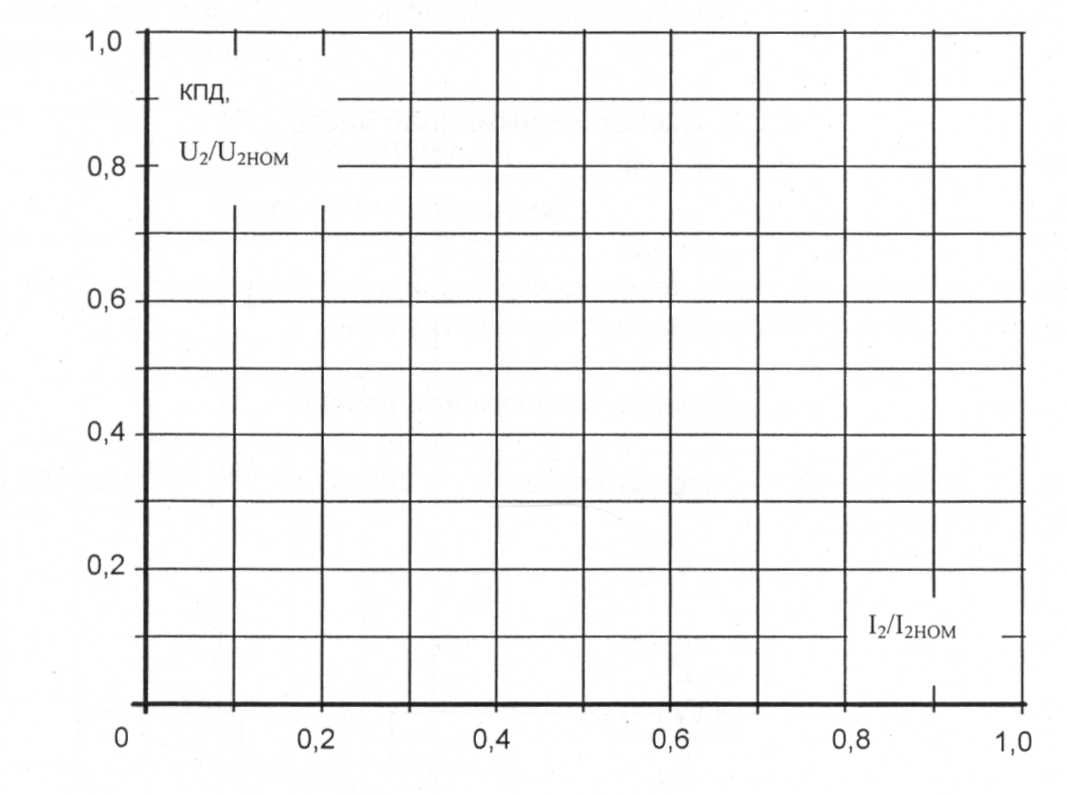
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Rн, Ом** | **U2,**  **В** | I2,  мА | Р1,  мВт | Р2, мВт |  |  | **КПД** |
| х.х. |  |  |  |  |  |  |  |
| 330 |  |  |  |  |  |  |  |
| 220 |  |  |  |  |  |  |  |
| 100 |  |  |  |  |  |  |  |
| 47 |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 |  |  |  |  |  |  |  |

Примечание: В табл. 22.1 указаны значения сопротивлений **Rн** для случая, ко­гда W1 = W2 = 300 витков. При W2 =900 витков их надо увеличить, а при

W2 = 100 - уменьшить в 10 раз. Поскольку в наборе нет сопротивлений меньше 10 Ом, можно использовать в качестве активных сопротивлений катушки трансформаторов (без сердечника). Их сопротивления указаны в табл. 22.2.

Таблица 22.2

|  |  |
| --- | --- |
| Число витков в катушке, W | **Активное сопротивление, Rн, Ом** |
| 100 | 0,9 |
| 300 | 4,8 |
| 900 | 37 |



**Контрольные вопросы**

1. Что называется коэффициентом трансформации?

2. Какой трансформатор называют идеальным?

3. Параметры реж

Рис. 22.2

**Контрольные вопросы**

1. Что называется внешней характери­стикой трансформатора?

2. При каких условиях КПД трансформатора максимальное?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 23**

**Исследование неразветвлённой цепи переменного тока**

**Цель работы**: 1. Исследовать неразветвлённую электрическую цепь

переменного тока.

2. Построить векторные диаграммы токов и напряжений

для каждого режима работы.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра;

- строить векторные диаграммы

**Оборудование:**  лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Когда по цепи (рис. 23.1) с последовательным соединением конденсатора и ка­тушки индуктивности протекает один и тот же синусоидальный ток I, напряжение на конденсаторе Uc отстает от тока I на 90°, а напряжение на катушке индуктивности Ul опережает ток на 90°. Эти напряжения находятся в противофазе (повернуты относи­тельно друг друга на 180°).

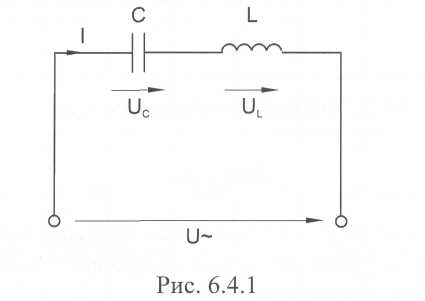


Рис. 23.1

Если одно из напряжений больше другого, цепь оказывается либо преимущест­венно индуктивной (рис. 23. 2), либо преимущественно емкостной (рис. 23.3). Если напряжения Ul и Uc имеют одинаковые значения и компенсируют друг друга, то сум­марное напряжение на участке цепи L - С оказывается равным нулю. Остается только небольшая составляющая напряжения на активном сопротивлении катушки и прово­дов. Такое явление называется ***резонансом напряжений*** (рис. 23.4).

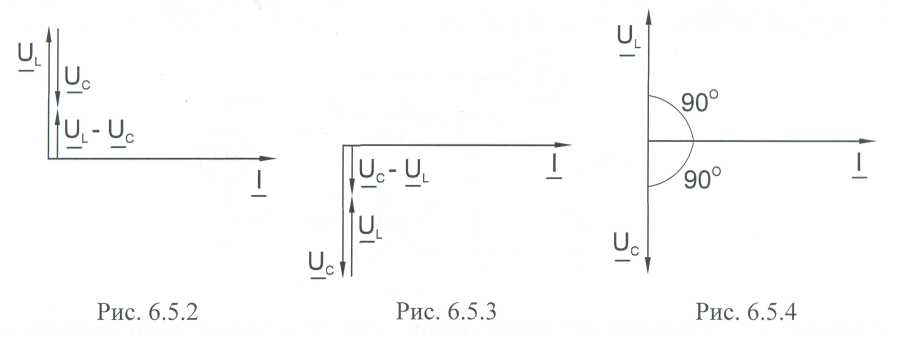


Рис. 23.2 Рис. 23.3 Рис. 23.4

При резонансе напряжений реактивное сопротивление цепи

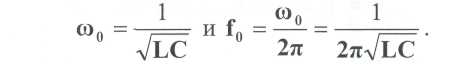
X = XL-XC

оказывается равным нулю. При заданных значениях L и С резонанс может быть полу­чен путем изменения частоты.

Поскольку Xl = ωL**,** а Хс = 1 / ωС, то резонансная частота ω0 может быть опре­делена из уравнения:

ω0**L** - 1 / ω0**С** = 0,

откуда



Полное сопротивление цепи при резонансе оказывается равным небольшому ак­тивному сопротивлению катушки, поэтому ток в цепи совпадает по фазе с напряжением и может оказаться довольно большим даже при маленьком приложенном напряжении. При этом напряжения Ul и Uc могут существенно (в десятки раз!) превышать прило­женное напряжение.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Для цепи с последовательным соединением конденсатора и катушки индуктив­ности измерьте действующие значения тока **I** и напряжений **U, Uc, Ul** при ω= ω0**,** ω**<** ω0иω**>** ω0**.** Постройте векторные диаграммы.

**Порядок выполнения работы**

• Соберите цепь согласно схеме (рис. 23.5), подсоедините регулируемый источник синусоидального напряжения и установите напряжение на его входе 2В и частоту 500 Гц. В качестве индуктивности с малым активным сопротивлением используйте катушку трансформатора 300 витков, вставив между подковами разъемного сердеч­ника полоски бумаги в один слой (немагнитный зазор).

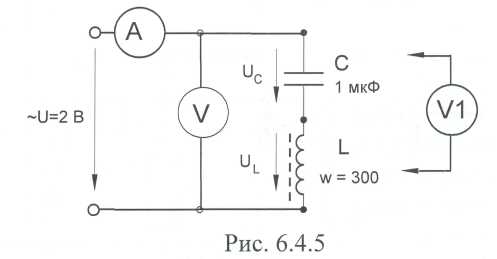


Рис. 23.5

1. Изменяя частоту приложенного напряжения, добейтесь резонанса по максимально­му току.
2. Произведите измерения и запишите в табл. 23.1 результаты измерений при резо­нансе **f = fo,** при **f1 = 0,75f0** и **f2 = l,25f0.**

Таблица 30.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I, мА | U, в | UL,B | UC,B |
| f0 = |  |  |  |  |
| f1 = |  |  |  |  |
| f2 = |  |  |  |  |

• Постройте в одинаковом масштабе векторные диаграммы на рис. 23.6 для каж­дого из рассмотренных случаев.

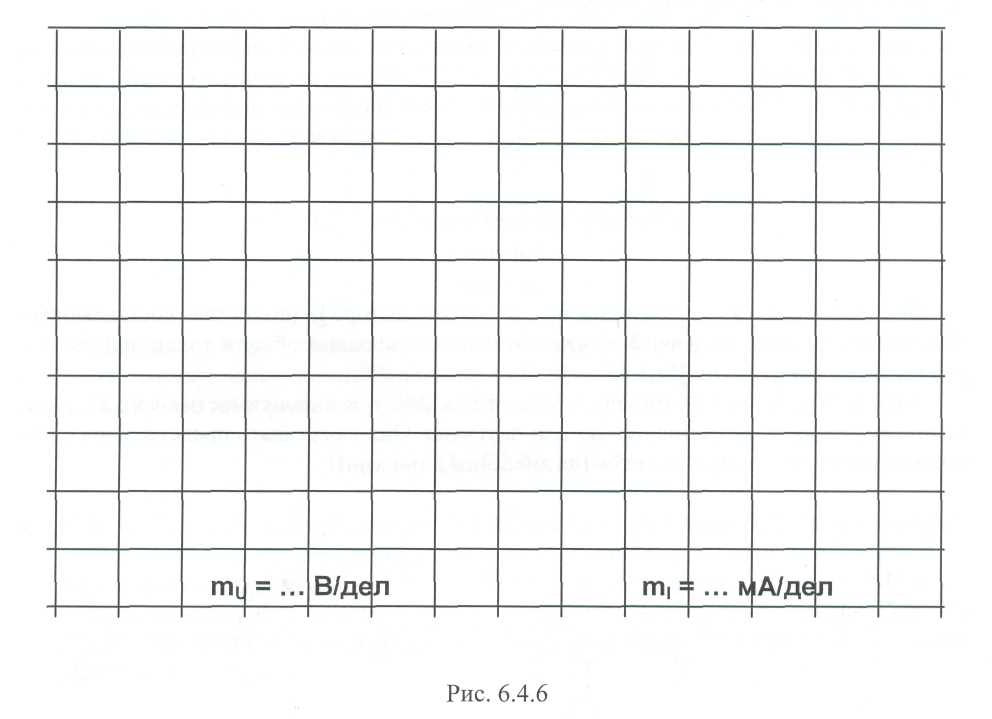


Рис. 23.6

**Контрольные вопросы**

1. В какой цепи может возникнуть резонанс напряжений и что для этого

необходимо?

1. Какая частота называется резонансной?
2. При каком условии напряжение на ёмкости в последовательной цепи с

параметрами R, L, С будет наибольшим?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 24**

**Исследование разветвлённой цепи переменного тока**

**Цель работы**: 1. Исследовать разветвлённую электрическую цепь

переменного тока.

2. Построить векторные диаграммы токов и напряже -

ний для каждого режима работы.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра;

- строить векторные диаграммы ;

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Когда к цепи (рис. 24.1) с параллельным соединением конденсатора и катушки индуктивности подается переменное синусоидальное напряжение U, одно и то же на­пряжение приложено к обоим элементам цепи.

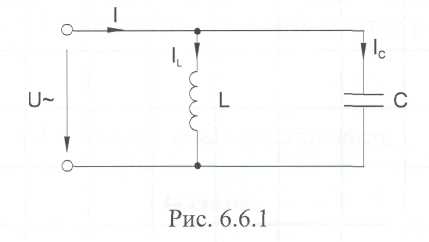


Рис. 24.1

Общий ток цепи I разветвляется на ток в конденсаторе Iс (емкостная составляющая общего тока) и ток в катушке IL (индуктивная составляющая общего тока), причем ток IL отстает от напряжения U на 90°, а Iс опережает на 90°.

Токи Iс и IL имеют противоположные фазы (1800) и в зависимости от их величин компенсируют друг друга полностью или частично. Они могут быть представлены с по­мощью векторных диаграмм токов (рис. 24.2 - 4).

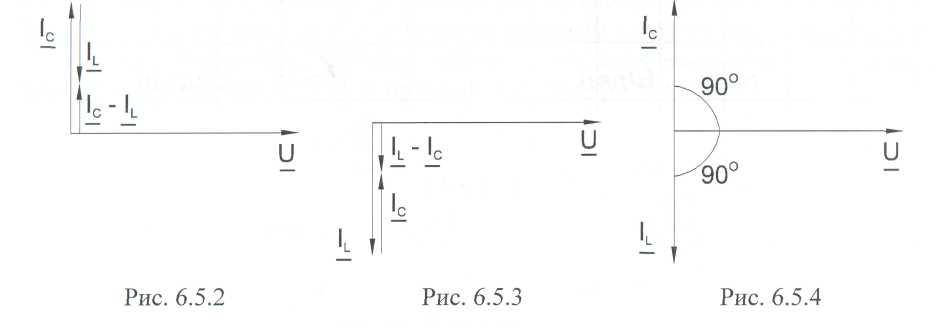


Рис. 24.2 Рис. 24.3 Рис. 24.4

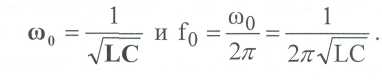
Когда Ic > IL, т.е. преобладает ток конденсатора, общий ток цепи I является по ха­рактеру емкостным и опережает напряжение U на 90° (рис. 24.2).

Когда Ic < I L, т.е. преобладает ток катушки, общий ток цепи I является индуктив­ным и отстает от напряжения U на 90° (рис. 24.3).

Когда же Ic = I L и общий ток цепи равен нулю, имеет место ***резонанс токов*** (век­торная диаграмма рис. 24.4).

Эти рассуждения приведены в пренебрежении потерями активной мощности в конденсаторе и катушке.

При резонансе токов реактивная проводимость цепи В = Bl - Bс равна нулю. Резонансная частота определяется из уравнения



Полная проводимость при резонансе токов оказывается близкой к нулю. Остает­ся нескомпенсированной лишь небольшая активная проводимость, обусловленная ак­тивным сопротивлением катушки и несовершенной изоляцией конденсатора. Поэтому ток в неразветвленной части цепи имеет минимальное значение, тогда как токи I L и Iс могут превышать его в десятки раз.

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Для цепи с параллельным соединением конденсатора и катушки индуктивности измерьте действующие значения напряжения U и токов I, Iс и I L при ω= ω0**,** ω **<** ω0иω **>** ω0**.** Постройте векторные диаграммы.

**Порядок выполнения работы**

• Соберите цепь согласно схеме (рис. 24.5), предусмотрев в ней перемычки для изме­рения токов. Включите регулируемый источник синусоидального напряжения и ус­тановите его параметры: U = 7 В, f = 500 Гц. В качестве индуктивности с малым ак­тивным сопротивлением используйте катушку трансформатора 300 витков, вставив между подковами разъемного сердечника полоски бумаги в один слой (немагнит­ный зазор).

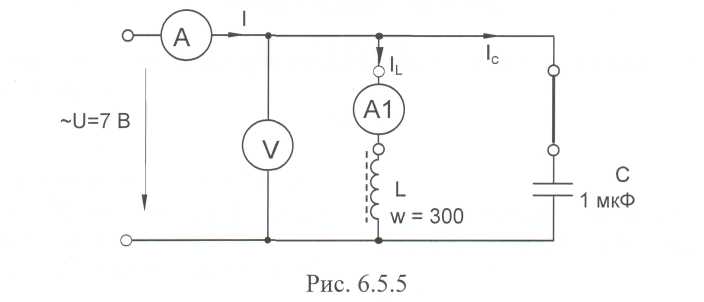


Рис. 24.5

• Изменяя частоту приложенного напряжения, добейтесь резонанса по минимальному току I.

• Произведите измерения и запишите в табл. 24.1 результаты измерений при резо­нансе **f = fo,** при **f1 = 0,75f0** и **f2 = l,25f0.**

Таблица 24.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| f, Гц | U,B | I, mA | I L, mA | Ic, mA |
| **f0 =** |  |  |  |  |
| **f1 =** |  |  |  |  |
| **f2 *=*** |  |  |  |  |

• Постройте в одинаковом масштабе векторные диаграммы на рис. 24.6 для каж­дого из рассмотренных случаев.

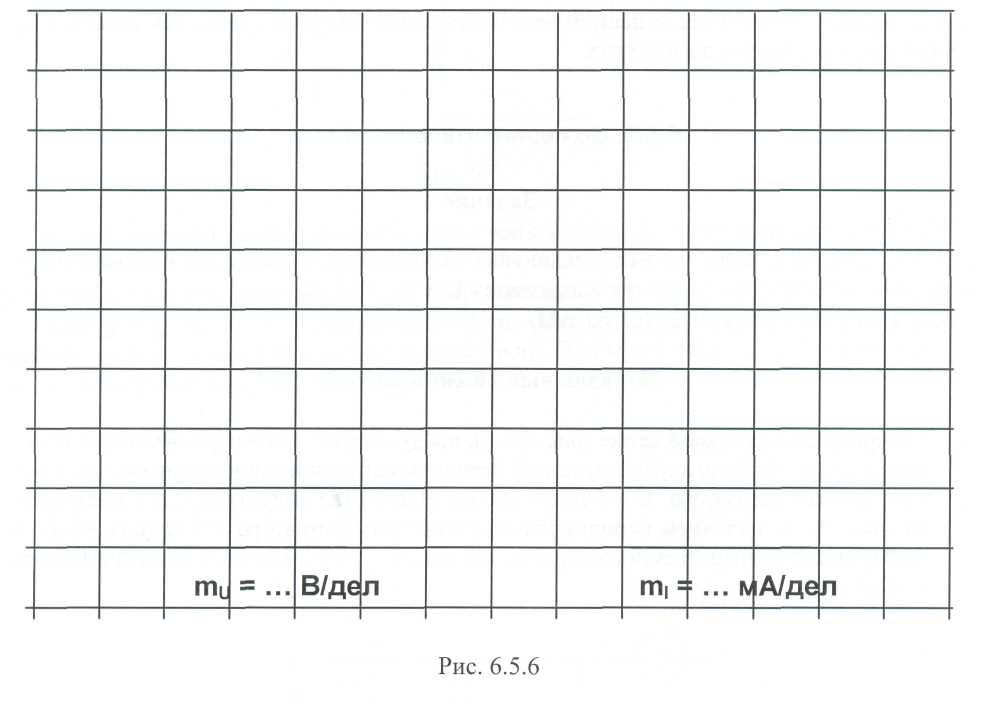


Рис. 24.6

**Контрольные вопросы**

1. По каким формулам определяются активная и реактивная проводимости ветвей?

2. Что такое емкостное сопротивление и как оно определяется?

3. Какой режим цепи при параллельном соединении элементов назы-

вается резонансом токов?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 25**

**Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки звездой**

**Цель работы**: 1. Освоить методику сборки электрической цепи по схеме.

2.Опытным путём проверить основные соотношения

присоединении приёмников энергии «звездой».

3. Построить векторные диаграммы токов и напряжений

для каждого режима работы.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** основные соотношения присоединении приёмников энергии

«звездой»

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**-** строить векторные диаграммы

**Оборудование:**  лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Если нагрузки (приемники) соединены в трехфазную цепь по схеме «звезда» (рис. 33.1), то к сопротивлениям нагрузки приложены фазные напряжения. Линейные токи равны фазным и определяются по закону Ома:



а ток в нейтрали равен векторной сумме этих токов:

**IN = IА + IВ + IС.**

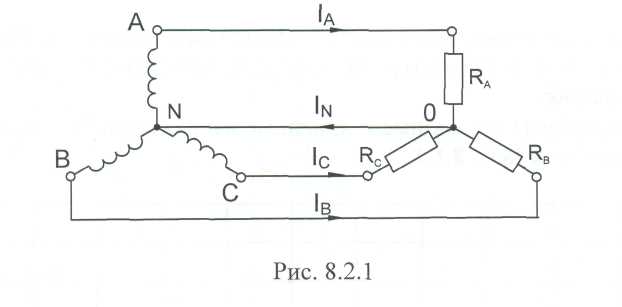


Рис. 25.1

При симметричных напряжениях Ua, Ub, Uc и одинаковых сопротивлениях Ra= Rb = RС = R токи Ia, Ib, Ic также симметричны и их векторная сумма (In) равна нулю. То­гда



Если же сопротивления фаз нагрузки неодинаковы, то через нулевой провод проте­кает некоторый ток In ≠0, а в схеме без нейтрали происходит смещение точки 0 на век­торной диаграмме напряжений. Это поясняется на векторных диаграммах(рис.25.2).  
 *а) симметричная нагрузка б) несимметричная нагрузка*

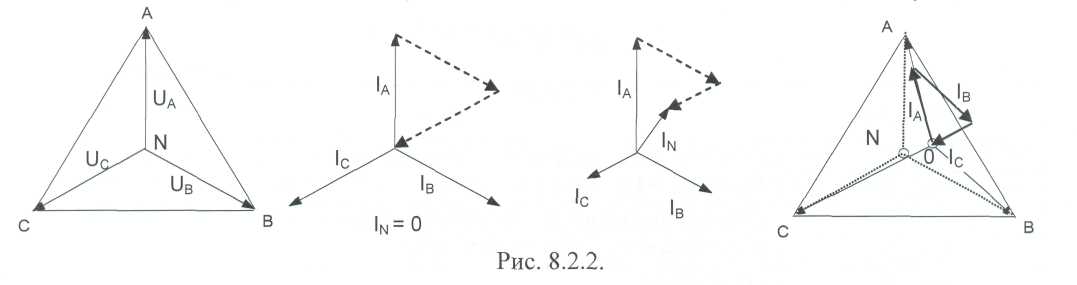
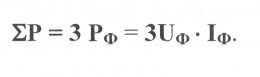
* с нейтралью и без нейтрали с нейтралью без нейтрали*

Рис. 25.2

Мощность трёхфазной нагрузки складывается из мощностей фаз:

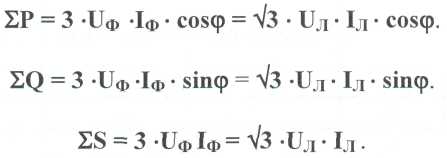
ΣP = РА + Рв + РС.

Когда нагрузка симметричная и чисто резистивная, имеем



При смешанной (активно-индуктивной или активно-емкостной) нагрузке:

Активная мощность 

Реактивная мощность 

Полная мощность 

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Для трехфазной цепи с соединением «звезда» при симметричной и несимметричной нагрузках измерьте с помощью мультиметра действующие значения токов **Iл** и **Iф**, a также напряжений **Uл** и **Uф,** вычислите мощности **Рф** и **ΣРф,** простройте векторные диаграммы.

**Порядок выполнения эксперимента**

• Соберите цепь с симметричной нагрузкой (RA = Rb = RС - 1 кОм) согласно схеме (рис. 25.3).

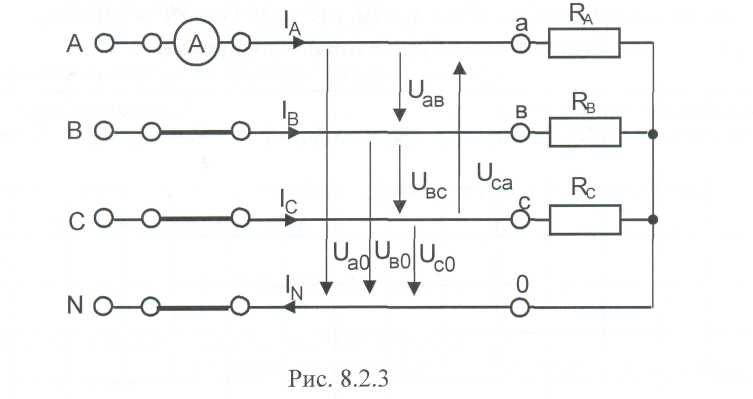


Рис. 25.3

• Измерьте напряжения и токи на нагрузке в схеме с нейтральным проводом и вычис­лите мощности. Результаты измерений и вычислений занесите в табл. 25.1.

• Уберите из схемы нейтральный провод (перемычку между точками N и 0) и повто­рите опыт.

Таблица 25.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Схема «звезда» | | Нагрузка симметричная | | Нагрузка несимметричная | |
| с нейтралью | без нейтрали | с нейтралью | без нейтрали |
| Фазные токи, ток нейтрали мА | IА |  |  |  |  |
| **IВ** |  |  |  |  |
| **IС**  **1с** |  |  |  |  |
| **In**  **In** |  |  |  |  |
| Линейн. напряжения, В | **UАВ** |  |  |  |  |
| **UВС**  **Uвс** |  |  |  |  |
| **UСА**  **Uса** |  |  |  |  |
| Фазные напря­жения, В | **UА** |  |  |  |  |
| **UВ**  **Uв** |  |  |  |  |
| **UС**  **Uc** |  |  |  |  |
| Фазные мощно­сти, мВт | **РА** |  |  |  |  |
| **РВ**  **Рв** |  |  |  |  |
| **РС**  **Рс** |  |  |  |  |
| Общая мощ­ность, мВт | **ΣР** |  |  |  |  |

* Повторите измерения и вычисления для несимметричной нагрузки с нейтральным и без нейтрального провода (RA = 1 кОм, RB = 680 Ом, RC = 330 Ом).

1. На рис. 25.4 в масштабе постройте векторные диаграммы.



Рис. 25.4.

**Контрольные вопросы**

1. Какое соединение трехфазной цепи называют звездой?
2. Чему равно отношение при соединении звездой линейных и фазных напряжений, линейных и фазных токов?
3. Что такое симметричная и несимметричная нагрузка?
4. Какую роль играет нейтральный провод?
5. Какое напряжение называют смещением нейтрали?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 26**

**Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки треугольником**

**Цель работы**: 1. Освоить методику сборки электрической цепи по схеме.

2. Опытным путём проверить основные соотношения при

соединении приёмников энергии «треугольником»

3. Построить векторные диаграммы токов и напряжений.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** основные соотношения при соединении приёмников энергии

«треугольником»

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

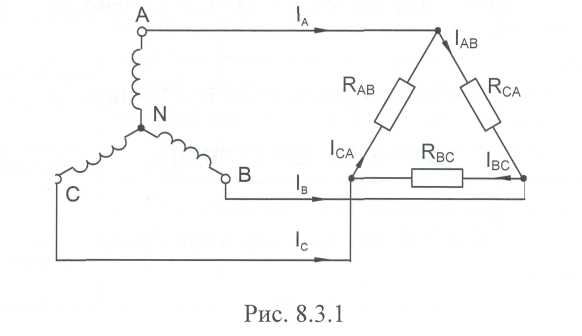
метра;

**-** строить векторные диаграммы

**Оборудование:** лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Если нагрузки (приемники) соединены в трехфазную цепь по схеме «треугольник» (рис. 26.1), нагрузка RAВ, Rbc и Rca каждой фазы включается на *линейное напряже­ние,* которое, в данном случае, равно *фазному* Uл= Uф.

Фазные токи Iab, Ibc  и Ica определяются по закону Ома:

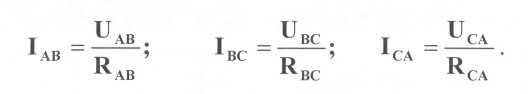
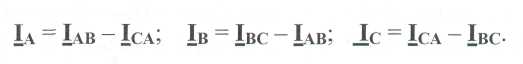


Рис. 26.1.

Линейные токи определяются по первому закону Кирхгофа:



При симметричных напряжениях Uab, Ubc, Uca и одинаковых нагрузках фаз

Rab = Rbc = Rca = R, токи также симметричны:



Это поясняется на векторных диаграммах (рис. 26.2).

*а) симметричная нагрузка б) несимметричная нагрузка*

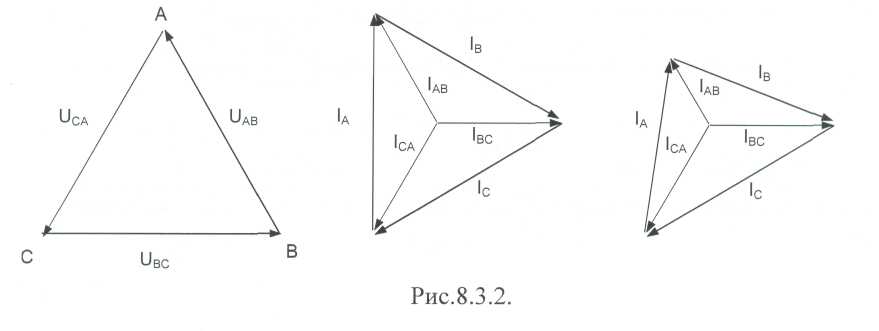


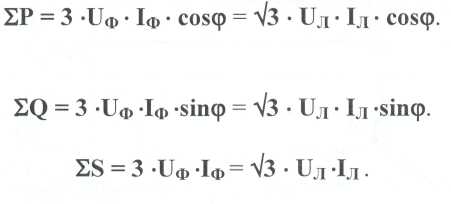
Рис. 26.2

Мощность ΣР, потребляемая трехфазной нагрузкой при ее соединении в «треугольник», складывается из мощностей фаз **ΣP** = **РАВ**+ **РВС + Рса**

При симметричной чисто активной нагрузке



При смешанной (активно-индуктивной или активно-емкостной) нагрузке:

Активная мощность

Реактивная мощность

Полная мощность

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Для трехфазной цепи с соединением «треугольник» при симметричной и несим­метричной активных нагрузках измерить с помощью мультиметра или виртуальных приборов действующие значения токов **Iл** и **Iф**, а также напряжений **Uл**, затем вычис­лить мощности **Рф** и **ΣР.**

**Порядок выполнения эксперимента**

• Соберите цепь с симметричной нагрузкой **(Rab** = **Rbc** = **Rca** - 1 кОм) согласно схе­ме (рис. 26.3). Для измерения шести токов (три фазных и три линейных) вклю­чите в цепь перемычки.

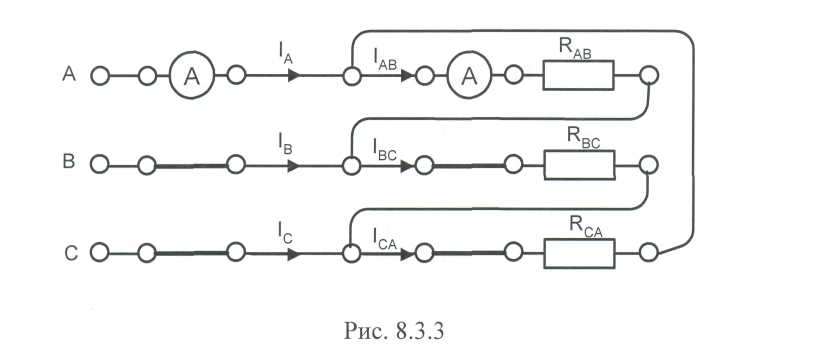


Рис. 26.3

• Измерьте мультиметрами напряжения и токи согласно табл. 26.1 и вычислите мощ­ности.

Таблица 26.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Схема «треугольник» | | Нагрузка симметрич­ная | Нагрузка несиммет­ричная |
| Линейные токи, мА | **Iа** |  |  |
| **IВ**  **Iв** |  |  |
| **IС**  **Iс** |  |  |
| Фазные токи, мА | **IАВ** |  |  |
| **IВС**  **Iвс** |  |  |
| **IСА**  **IСА** |  |  |
| Фазные и линейные напряжения, В | **Uab** |  |  |
| **UВС**  **Ubc** |  |  |
| **UСА**  **UCA** |  |  |
| Фазные мощности, мВт | **Рав** |  |  |
| **РВС**  **Рве** |  |  |
| **РСА**  **РСА** |  |  |
| Общая мощность, мВт | **ΣP** |  |  |

• Повторите измерения и вычисления для несимметричной нагрузки

(Rab = 1 кОм, Rbc= 680Om, Rca = 330Om).



* На рис. 26.4 в масштабе постройте векторные диаграммы.

Рис. 26.4

**Контрольные вопросы**

1. Какое соединение трехфазной цепи называют треугольником?
2. Чему равно отношение при соединении в треугольник: линейных и фазных напряжений, линейных и фазных токов?
3. Как определяется линейный ток при симметричной и несимметричной нагрузке?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 27**

**Исследование аварийных режимов трёхфазной цепи при соединении**

**нагрузки звездой**

**Цель работы**: 1. Экспериментально исследовать аварийные режимы

трехфазной цепи при соединении нагрузки в звезду.

2. Построить векторные диаграммы токов и напряжений

для каждого исследуемого режима.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** типичные аварийные ситуации при соединении приёмников

энергии «звездой»

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**-** строить векторные диаграммы

**Оборудование:**  лабораторный стенд.

**Краткие теоретические сведения**

Аварийными являются режимы, которые возникают при коротких замыканиях в нагрузке или в линиях при обрыве проводов. Типичными аварийными режимами являются : обрыв нейтрального провода при несимметричной нагрузке, обрыв фазы и короткие замыкания.

При обрыве, например, фазы **А** при симметричной нагрузке в схеме без нулевого провода, сопротивления **Rв** и **Rс** оказываются соединён­ными последовательно и к ним приложено линейное напряжение **Ubc**- Напряжение на каждом из сопротивлений составляет **/2** от фазного напряжения в нормальном ре­жиме. Нулевая точка нагрузки на векторной диаграмме напряжений смещается на ли­нию ВС, и при  она находится точно в середине отрезка ВС (рис. 27.1)



Рисунок 27.1

При коротком замыкании фазы **А** нагрузки в схеме с нулевым проводом, ток в этой фазе становится очень большим (теоретически бесконечно большим) и это приводит к аварийному отключению нагрузки защитой. В схеме без нулевого провода при замыка­нии, например, фазы А, нулевая точка нагрузки смещается в точку «А» генератора. То­гда к сопротивлениям фаз **В** и **С** прикладываются линейные напряжения. Токи в этих фазах возрастают в раз, а ток в фазе **А** - в 3 раза (рис 27.2).

Короткие замыкания между линейными проводами и в той и в другой схеме приводят к аварийному отключению нагрузки.

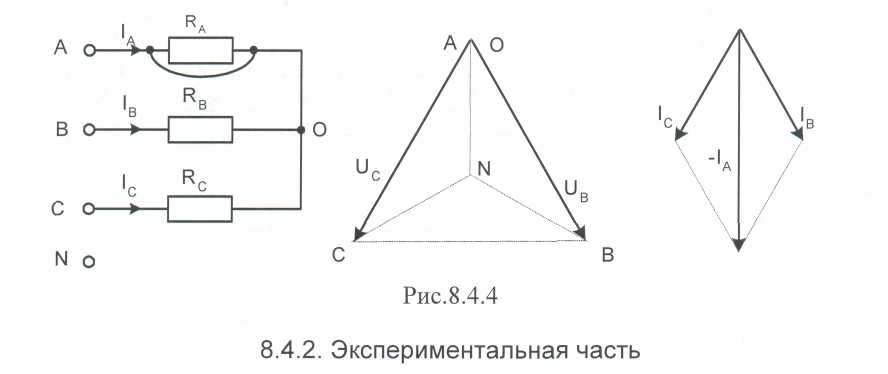


Рис. 27.2

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Экспериментально исследовать аварийные режимы трехфазной цепи при соединении нагрузки в звезду.

**Порядок выполнения эксперимента**

• Соберите цепь цепь согласно схеме (рис.27.3) с сопротивлениями фаз Ra=Rb=Rc=1kOm. Для измерения токов включите в соответствующих ветвях схемы перемычки.

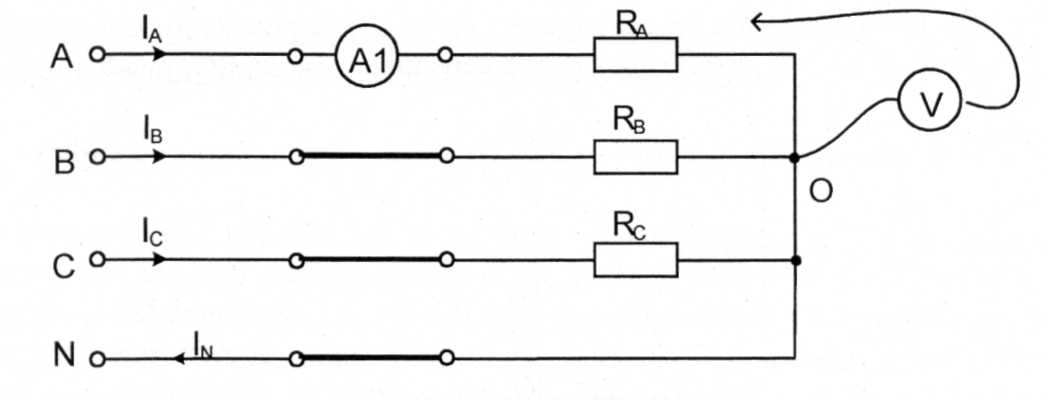


Рис. 27.3

1. Убедитесь, что обрыв (отключение) нейтрали не приводит к изменению фазных токов.
2. Убедитесь, что в схеме с нулевым проводом происходит отключение источника за­щитой при коротких замыканиях как в фазах нагрузки, так и между линейными проводами.
3. Убедитесь, что в схеме без нулевого провода короткое замыкание в фазе нагрузки не приводит к отключению, а при коротком замыкании между линейными прово­дами установка отключается.
4. Проделайте измерения токов и напряжений всех величин, указанных в табл. 27.1 в различных режимах и по экспериментальным данным постройте векторные диа­граммы для каждого случая в выбранном масштабе.
5. Ответьте на контрольные вопросы.

Таблица 27.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Режим** | Uao, В | Ubo, В | **Uco,** В | **UoN,**  В | **I**  **мА** | **Iв, мА** | **Iс, мА** | In, **мА** |
| **R**a**=l** КОМ  **RB=680** Ом  **Rc=330 Ом**  **Обрыв нейтрали** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ra=Rb=Rc=1 кОм Схема с нейтралью Обрыв фазы А |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ra=Rb=Rc=1 кОм Сх. без нейтрали Обрыв фазы А |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **RA=RB=Rc=l** кОм **Сх. без нейтрали**  **К. 3. фазы А** |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Как изменяется мощность трёхфазной нагрузки при обрыве фазы в схеме с нулевым проводом?
2. Как изменяется мощность трёхфазной нагрузки при обрыве фазы в схеме без нулевого провода?
3. Как изменяется мощность при коротком замыкании од­ной фазы?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 28**

**Исследование аварийных режимов трёхфазной цепи при соединении**

**нагрузки треугольником**

**Цель работы**: 1. Экспериментально исследовать аварийные режимы

трехфазной цепи при соединении нагрузки треугольником.

2. Построить векторные диаграммы токов и напряжений

для каждого исследуемого режима.

*В результате выполнения лабораторной работы студент должен:*

**знать: -** типичные аварийные ситуации при соединении приёмников

энергии треугольником

**уметь: -** собирать электрические цепи по схемам;

**-** производить измерения тока и напряжения при помощи мульти

метра

**-** строить векторные диаграммы

**Оборудование:** лабораторный стенд.

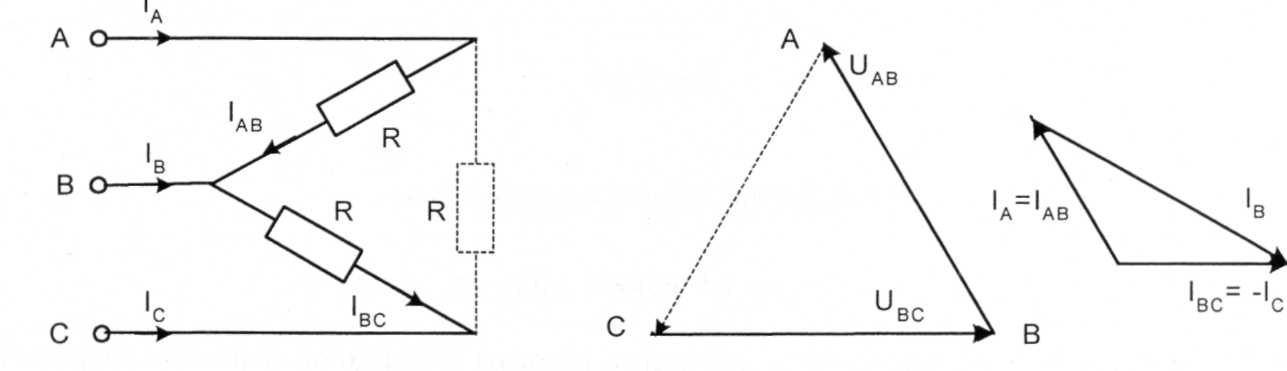
**Краткие теоретические сведения**

При коротких замыканиях в фазах нагрузки или между линейными проводами токи резко возрастают и происходит аварийное отключение установки защитой.

Обрывы фаз или линейных проводов при соединении нагрузки в треугольник не приводят к перегрузкам по токам или напряжениям, как это иногда случается при со­единении нагрузки в звезду.

При обрыве одной фазы нагрузки (рис. 28.1) ток этой фазы становится равным нулю, а в оставшихся двух фазах ток не меняется. Два линейных тока уменьшаются

в раз, т. е. становятся равными фазному току, а третий остаётся неизменным.

Рис. 28.1.

При обрыве линейного провода (например, В) фазные сопротивления Rab и Rbc оказываются соединёнными последовательно и включёнными параллельно с сопротив­лением Rca на напряжение Uca (рис. 28.2). Цепь фактически становится однофазной.

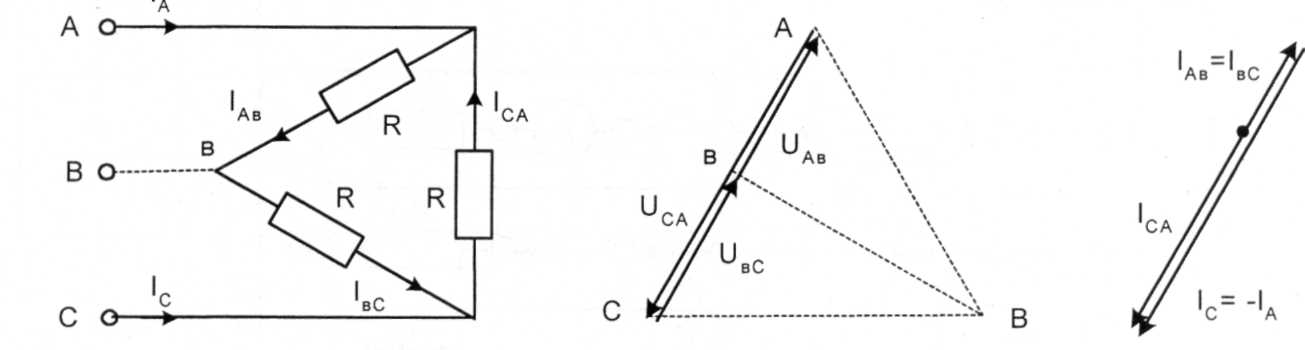


Рис. 28.2

При одновременном обрыве линейного провода и одной фазы нагрузки цепь также становится однофазной (рис. 28.3 и 28.4).

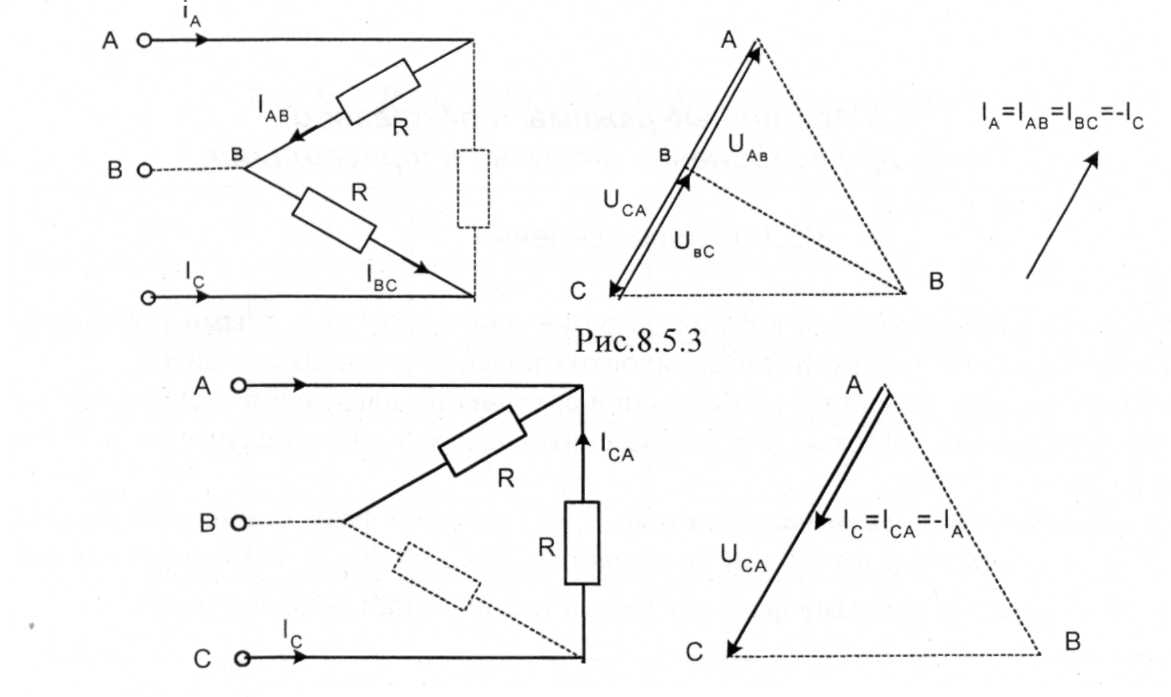


Рис.28.3

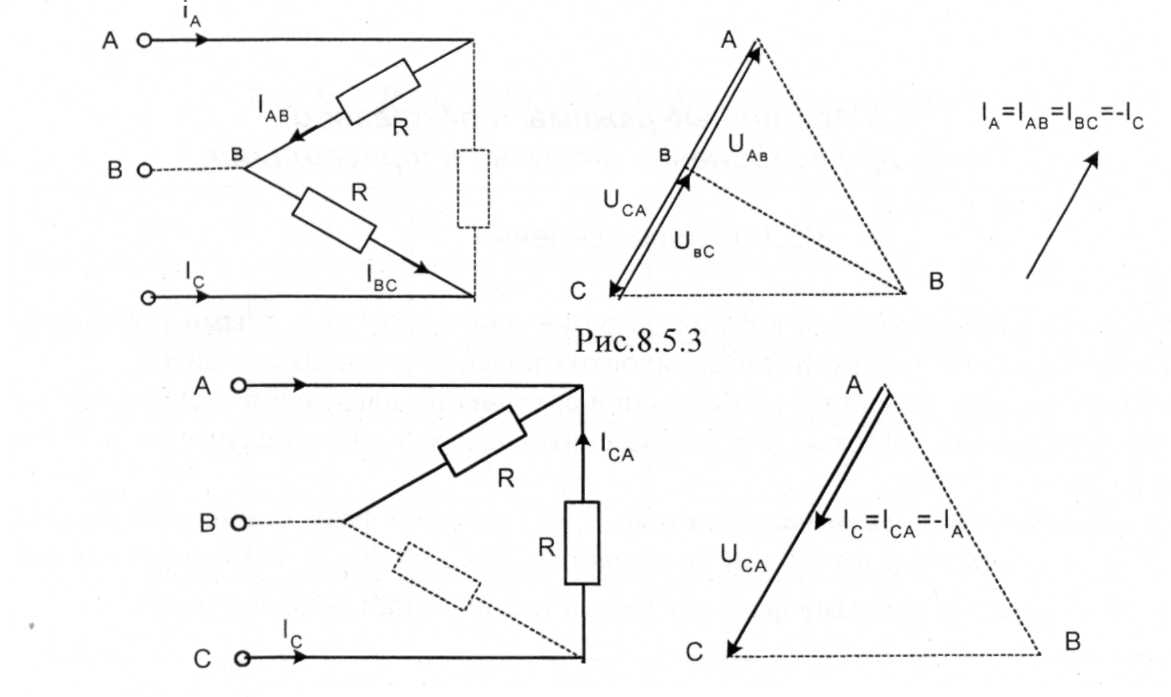


Рис. 28.4

**Порядок проведения работы**

**Задание**

Экспериментально исследовать аварийные режимы трёхфазной цепи при соедине­нии нагрузки в треугольник.

**Порядок выполнения эксперимента**

* Соберите цепь цепь согласно схеме (рис.28.5). с сопротивлениями фаз Rab=Rbc=Rca= **1**kOm. Для удобства измерения фазных и линейных токов включите в цепь перемычки.

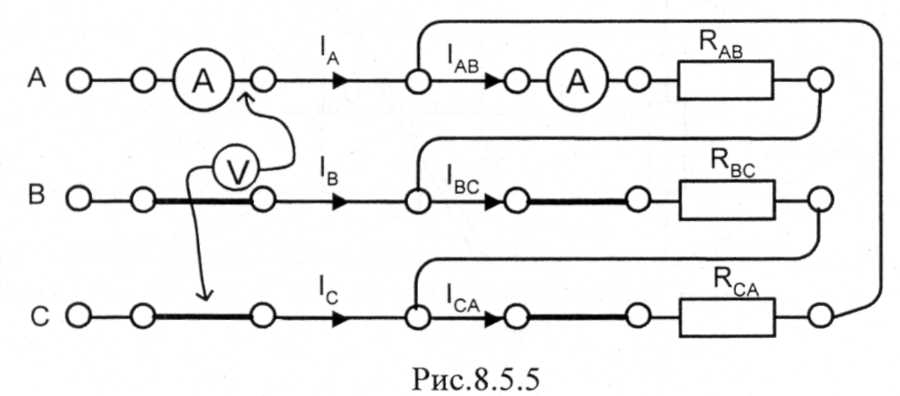


Рис. 28.5

* Проделайте измерения фазных и линейных токов (отличных от нуля) во всех режи­мах, указанных в табл. 28.1.
* По экспериментальным данным постройте векторные диаграммы для каждого ава­рийного случая в выбранном масштабе.
* Ответьте на контрольные вопросы.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Режим** | Iab, **мА** | I**вс, мА** | Iса, **мА** | IА**, мА** | I**в, мА** | I**с, мА** |
| **Симметричный режим, Rф=1 кОм** |  |  |  |  |  |  |
| **Обрыв фазы** АВ **нагрузки** |  |  |  |  |  |  |
| **Обрыв линейного провода** А |  |  |  |  |  |  |
| **Обрыв фазы** АВ **и линии** С |  |  |  |  |  |  |
| **Обрыв фазы** АВ **и линии** А |  |  |  |  |  |  |

Таблица 28.1

**Контрольные вопросы**

1. Как вычислить мощность несимметричной трёхфазной нагрузки?
2. Как (во сколько раз) увеличиваются или уменьшаются фазные и линейные то­ки в каждом из рассмотренных аварийных режимов?

**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

1. оценка «отлично» выставляется обучающемуся за работу, выполненную безошибочно, в полном объеме с учетом рациональности выбранных решений;
2. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в полном объеме с недочетами;
3. оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (не менее 50% правильно выполненных заданий от общего объема работы);

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (менее 50% правильно выполненных заданий от общего объема работы).

**Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

**Основные источники:**

* 1. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники. –М.: Высшая школа, 2015
  2. Атемалян Э.Г. Приборы и методы измерений электрических величин.-М.: Дрофа, 2015.
  3. Л.В.Журавлева. Электроматериаловедение: Учебник для начального профессионального образования: Учебное пособие для среднего профессионального образования. – М.: ПрофОбрИздат, 2015г.

**Дополнительная литература**

1. Лотарейчук Е.А. Теоретические основы электротехники: учебник для среднего профессионального образования. –М.:Форум – Инфра – М, 2014
2. Панфилов В.А. электрические измерения. – М.: Академия, 2011.
3. Можаев Н.С., Хорин Е.Ф. Лабораторный практикум по ТОЭ и общей электротехнике. –М.: ВИА, 2016
4. ГОСТ 1980-74 Электротехника. Основные понятия. Термины и определения.
5. Правила устройства электроустановок. –М.: Энергоатомиздат, 2010
6. ГОСТ Т521-VI-81 Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы, магнитные усилители.
7. ГОСТ Т521-XI-81Электроизмерительные приборы.
8. ГОСТ2.728-74 Резисторы. Конденсаторы.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Пояснительная записка ………………………………………………………  Перечень лабораторных работ ……………………………………………..  Требования к оформлению отчета ……………………………………........... | 3  4  6 |
| Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ … | 7 |
| Описание комплекта оборудования лабораторного стенда ……………….. | 8 |
| Лабораторная работа № 1. «Знакомство с лабораторной установкой».  (2 ч)…………………………………………………………………………………. | 15 |
| Лабораторная работа №2 **.** «Измерение тока, напряжения и сопротивления при помощи мультиметра». (2 ч) ……………………………………………… | 19 |
| Лабораторная работа № 3 «Исследование условий работы электрической цепи». (2 ч)………………………………… ……………………………………. | 23 |
| Лабораторная работа № 4 «Исследование режимов работы источника ЭДС».(2 ч)………………………………………………………………………… | 26 |
| Лабораторная работа № 5 «Исследование электрической цепи с последовательным соединением приёмников». (2 ч)……………………………………. | 30 |
| Лабораторная работа № 6 «Исследование электрической цепи с параллельным соединением приёмников». (2 ч) …………………………………………. | 33 |
| Лабораторная работа № 7 «Исследование электрической цепи со смешанным соединением приёмников». (2 ч) ………... ……………………………………… | 36 |
| Лабораторная работа №8. «Исследование электрической цепи с последовательным соединением источников». (2 ч) ……………………………………… | 39 |
| Лабораторная работа №9«Исследование электрической цепи с параллельным соединением источников».(4 ч)………………… ……………………………….. | 43 |
| Лабораторная работа №10«Измерение мощности в цепи постоянного тока».(4ч)…………. ……………………………………………………………… | 47 |
| Лабораторная работа №11. «Определение потери напряжения и мощности в проводах линии электропередач» (2 ч) ……………………………………… | 51 |
| Лабораторная работа №12. «Согласование источника и нагрузки по напряжению, току и мощности» (2 ч) ………………………………………………… | 53 |
| Лабораторная работа №13. «Исследование делителя напряжения при работе вхолостую».(2 ч) ………………………………………………………………… | 56 |
| Лабораторная работа №14. «Исследование работы делителя напряжения под нагрузкой». (2 ч) ………………………………………………………......... | 59 |
| Лабораторная работа №15. ***«***Исследование цепи с линейным сопротивлением». (2ч) …………………………………………………………………………… | 62 |
| Лабораторная работа №16. «Снятие статических характеристик термистора». (2 ч)………………………………………………………………………… | 65 |
| Лабораторная работа №17. «Снятие статических характеристик терморезистора с ПТК». (2 ч) ……………………………………………………………….. | 68 |
| Лабораторная работа №18. «Снятие статических характеристик варистора». (2 ч)………………………………………………………………………………….  Лабораторная работа №19. «Измерение сопротивления фоторезистора».  (2 ч) …………………………………………………………………………………  Лабораторная работа №20. «Определение цены деления стрелочных приборов». (2 ч)…………………………………………………………………………. | 71 |
| 74 |
| 76 |
| Лабораторная работа №21. «Определение коэффициента магнитной связи между катушками».(2 ч) ………………………………………………………… | 81 |
| Лабораторная работа №22. «Снятие внешней характеристики трансформатора».(2 ч) ……………………………………………………………………….. | 85 |
| Лабораторная работа №23. «Исследование неразветвлённой цепи переменного тока». (2 ч)…………………………………………………………………… | 88 |
| Лабораторная работа №24. «Исследование разветвлённой цепи переменного тока». (2 ч)………………………………………………………………………… | 92 |
| Лабораторная работа №25. «Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки звездой». (2 ч) …………………………………...............................  Лабораторная работа №26. «Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки треугольником» (2 ч)…………………………………………….  Лабораторная работа №27.«Исследование аварийных режимов трёхфазной цепи при соединении нагрузки звездой» (4 ч)…………………………….  Лабораторная работа №28.«Исследование аварийных режимов трёхфазной цепи при соединении нагрузки треугольником». (4ч)…...................................... | 96  102  107  111 |
| Критерии оценивания лабораторных работ …………………………………. | 114 |
| Литература………………………………………………………………………... | 115 |

**Приложение А**

Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**Отчёт**

по лабораторным и практическим работам

по дисциплине

**«Электротехника»**

**Выполнил:** *студент группы МЭ-295/б*

*Петров В. И.*

**Проверил:** *преподаватель*

*Василенко И. Н.*

**Челябинск 2019/20г.**